



TUGAS AKHIR - SB141510

**PENGARUH GENANGAN AIR TERHADAP  
MORFOLOGI DAN ANATOMI BEBERAPA  
VARIETAS TANAMAN TEMBAKAU (*Nicotiana  
tabacum* L.)**

**SELFRINA PURI WARDHANI  
1511 100 040**

**Dosen Pembimbing:  
Tutik Nurhidayati, S.Si., M.Si**

**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2015**



FINAL PROJECT - SB141510

THE EFFECT OF WATERLOGGING TO  
MORPHOLOGY AND ANATOMY OF SOME  
TOBACCO PLANT VARIETIES (*Nicotiana  
tabacum* L.)

SELFRINA PURI WARDHANI  
1511 100 040

Advisor Lecturer  
Tutik Nurhidayati, S.Si., M.Si

DEPARTMENT OF BIOLOGY  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2015

## LEMBAR PENGESAHAN

# PENGARUH GENANGAN AIR TERHADAP MORFOLOGI DAN ANATOMI BEBERAPA VARIETAS TANAMAN TEMBAKAU (*Nicotiana tabacum* L.)

## TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Jurusan S-1 Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

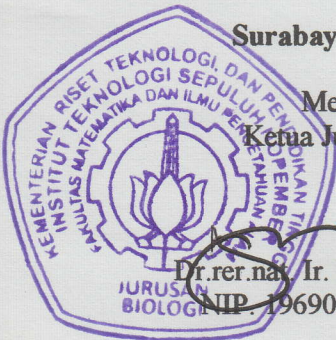
Oleh :

**SELFRIINA PURI WARDHANI**  
**NRP. 1511 100 040**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :**

Tutik Nurhidayati, S.Si., M.Si ..... (Pembimbing)

**Surabaya, 27 Juli 2015**



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi

Dr. rer. nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si  
NIP. 19690907 199803 2 001

PENGARUH GENANGAN AIR TERHADAP MORFOLOGI  
DAN ANATOMI BEBERAPA VARIETAS TANAMAN  
TEBAKAU (*Nicotiana tabacum* L.)

**Nama Mahasiswa** : Selfrina Puri Wardhani  
**NRP** : 1511 100 040  
**Jurusan** : Biologi  
**Dosen Pembimbing** : Tutik Nurhidayati, S.Si., M.Si

**Abstrak**

*Tembakau adalah tanaman musiman yang tergolong dalam tanaman perkebunan dan bernilai ekonomi. Namun salah satu kendala dalam budidaya tanaman tembakau di Indonesia adalah tingginya curah hujan yang dapat menyebabkan genangan. Untuk mendapatkan varietas tanaman tembakau yang tahan terhadap lingkungan yang tercekam genangan, seleksi merupakan tahapan yang penting yang harus dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh genangan air terhadap morfologi dan anatomi beberapa varietas tanaman tembakau dan mendapatkan varietas tembakau yang tahan cekaman genangan.*

*Parameter yang diamati adalah parameter morfologi, anatomi dan indeks sensitifitas tanaman. Hasil pengamatan dianalisis dengan Anova Two Way untuk mengetahui pengaruh faktor varietas tanaman tembakau, perlakuan tinggi genangan air dan interaksi antara varietas tanaman tembakau dengan perlakuan tinggi genangan air untuk cekaman genangan yang kemudian apabila terdapat pengaruh maka dilanjutkan dengan uji Tukey.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa cekaman genangan dapat menurunkan pertumbuhan tanaman tembakau yang meliputi penurunan tinggi tanaman dengan nilai terendah 15,66 cm, penurunan jumlah daun dengan nilai terendah 3,66, penurunan luas daun dengan nilai terendah 36,44 cm<sup>2</sup>, penurunan panjang akar dengan nilai terendah 4,6 cm, penurunan berat kering tajuk dengan nilai terendah 0,23 gr dan*

*penurunan berat kering akar dengan nilai terendah 0,03 gr. Namun cekaman genangan dapat meningkatkan jumlah akar adventif dengan nilai tertinggi adalah 18,33 dan meningkatkan nilai rasio tajuk akar dengan nilai tertinggi 16,3 gr . Selain itu cekaman genangan dapat menurunkan jumlah stomata pada tanaman tembakau dengan nilai terendah adalah 11,33 serta cekaman genangan dapat menyebabkan adanya pembentukan jaringan aerenkim. Berdasarkan indeks sensitifitas (S) tanaman didapatkan bahwa varietas yang toleran terhadap cekaman genangan adalah varietas Kemloko 3 (S : 0,03), varietas Paiton 2 (S : 0,18), dan varietas Kemloko 2 (S : 0,42). Sedangkan varietas yang sensitif/peka terhadap cekaman genangan adalah varietas Kasturi 1 (S : 1,61) dan varietas Prancak N-1 (S : 2,04).*

*Kata kunci: anatomi, cekaman genangan, indeks sensitifitas, morfologi, Nicotiana tabacum.*

THE EFFECT OF WATERLOGGING TO MORPHOLOGY  
AND ANATOMY OF SOME TOBACCO PLANT VARIETIES  
(*Nicotiana tabacum* L.)

**Student Name** : Selfrina Puri Wardhani  
**NRP** : 1511 100 040  
**Department** : Biology  
**Supervisor** : Tutik Nurhidayati, S.Si., M.Si

**Abstract**

Tobacco is a seasonal plant that are included in the agricultural plant and has an economical value. Nevertheless, one of the constraints in the cultivation of tobacco plant in Indonesia is the high value of rainfall that can cause waterlogging. To get the tobacco plant varieties that is waterlogging tolerant, the selection is an important stage that must be done. The objective of this research is to determine the effect of waterlogging to morphology and anatomy of some tobacco plant varieties and get the tobacco varieties that is waterlogging tolerant.

The parameters measured were morphology, anatomy, and plant sensitivity index. The observation result were analyzed using Anova *Two Way* to determine the effect of the tobacco plant varieties, high treatments waterlogging and interactions between tobacco plant varieties with high treatments waterlogging to waterlogging stress that if there are effect continue with *Tukey* test.

The result of this study showed that waterlogging stress decreased the tobacco plant growth, include a decreased in plant height with the lowest value is 15,66 cm, a decreased in the number of leaves with the lowest value is 3,66, a decreased in leaf area with the lowest value is 36,44 cm<sup>2</sup>, a decreased in root length with the lowest value is 4,6 cm, a decreased in shoot dry weight with the lowest value is 0,23 gr and root dry weight with the lowest value is 0,03 gr. However, waterlogging stress can increased the number of adventitious root with the highest value

is 18,33 and increased the value of the ratio shoot-root with the highest value is 16,3 gr. In addition, waterlogging stress can decreased the number of stomata with the lowest value is 11,33 and waterlogging stress can cause the formation of aerenchyma. Based on the plant sensitivity index (S) found that the tolerant varieties to waterlogging stress were Kemloko 3 (S : 0,03), Paiton 2 (S : 0,18), and Kemloko 2 (S : 0,42). While the sensitive varieties to waterlogging stress were Kasturi 1 (S : 1,61) and Prancak N-1 (S : 2,04).

Key words: anatomy, morphology, *Nicotiana tabacum* L., sensitivity index, waterlogging stress.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Laporan dengan judul “**Pengaruh Genangan Air terhadap Morfologi dan Anatomi Beberapa Varietas Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.)**” ini disusun berdasarkan penelitian tugas akhir yang telah dilaksanakan di *Green House* Urban Farming ITS dan Laboratorium Botani jurusan Biologi FMIPA ITS pada bulan Maret sampai Mei 2015. Laporan Tugas Akhir ini penulis susun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana. Penyusunan laporan ini diperoleh dari berbagai sumber, utamanya jurnal dan buku.

Penulis telah menerima banyak bantuan terutama dari berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini, berkat bantuan dan dorongan terhadap penulis sehingga penelitian Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang antara lain :

1. Ibu Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si selaku Ketua Jurusan Biologi ITS.
2. Ibu Tutik Nurhidayati S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir atas saran dan kritik yang diberikan.
3. Ibu Dra. Nurlita Abdulgani, M.Si dan Bapak Dr. Nurul Jadid, M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dan arahan.
4. Bapak Wardiyanto dan Ibu Solichah M. selaku orang tua saya yang telah memberikan banyak doa dan dukungan baik moral maupun material yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan saya.
5. Serta tidak lupa teman-teman seperjuangan angkatan 2011 Biologi ITS yang telah banyak memberikan semangat.



Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun selalu diharapkan demi kesempurnaan laporan ini dan sebagai pedoman penyusunan laporan Tugas Akhir berikutnya. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat untuk kemajuan bangsa Indonesia.

Surabaya, 27 Juli 2015

Selfrina Puri Wardhani

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
URAIAN SINGKAT .....	v
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Tembakau ( <i>Nicotiana tabacum</i> L.) .....	5
2.1.1 Klasifikasi tanaman tembakau.....	6
2.1.2 Morfologi tanaman tembakau.....	6
2.1.3 Ekologi tanaman tembakau .....	8
2.1.3.1 Iklim .....	8
2.1.3.2 Tanah.....	8
2.1.4 Jenis-jenis tembakau di Indonesia .....	9
2.1.4.1 Deskripsi tembakau varietas Prancak N-1 .....	12
2.1.4.2 Deskripsi tembakau varietas Paiton 2.....	13
2.1.4.3 Deskripsi tembakau varietas Kemloko 2 dan Kemloko 3 .....	14
2.1.4.4 Deskripsi tembakau varietas Kasturi 1 .....	17
2.2 Cekaman.....	18
2.2.1 Cekaman genangan.....	19

2.2.1.1	Respon fisiologis tanaman terhadap cekaman genangan.....	22
2.2.1.2	Respon morfologi dan anatomi tanaman terhadap cekaman genangan .....	25

### BAB III METODOLOGI

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	33
3.2	Cara Kerja .....	33
3.2.1	Persiapan media tanam.....	33
3.2.2	Pengukuran kapasitas lapang.....	33
3.2.3	Persiapan dan penanaman bibit tanaman tembakau ( <i>Nicotiana tabacum</i> L.) .....	34
3.2.4	Perlakuan cekaman genangan.....	34
3.2.5	Pengamatan morfologi .....	34
3.2.6	Pengamatan anatomi.....	36
3.2.6.1	Pengamatan stomata daun .....	36
3.2.6.2	Pengamatan aerenkim.....	36
3.2.7	Penentuan indeks sensitivitas tanaman.....	36
3.2.8	Rancangan penelitian dan analisis data .....	37
3.2.8.1	Rancangan penelitian .....	37
3.2.8.2	Analisis data .....	39

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengaruh Genangan Air terhadap Morfologi Beberapa Varietas Tanaman Tembakau ( <i>Nicotiana tabacum</i> L.) .....	41
4.1.1	Tinggi tanaman.....	41
4.1.2	Jumlah daun.....	46
4.1.3	Luas daun .....	49
4.1.4	Panjang akar .....	52
4.1.5	Berat kering tajuk .....	55
4.1.6	Berat kering akar .....	58
4.1.7	Rasio tajuk akar .....	61
4.1.8	Pembentukan akar adventif .....	64

4.1	Pengaruh Genangan Air terhadap Anatomi Beberapa Varietas Tanaman Tembakau ( <i>Nicotiana tabacum</i> L.) .....	69
4.2.1	Jumlah stomata .....	69
4.2.2	Aerenkim .....	77
4.3	Penentuan Indeks Sensitifitas Tanaman .....	80
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran.....	83
 DAFTAR PUSTAKA .....		85
LAMPIRAN .....		97



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1      Tabel Rancangan Penelitian .....	37
Tabel 4.1      Rata-Rata Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman pada Kelima Varietas Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	42
Tabel 4.2      Rata-Rata Hasil Pengamatan Jumlah Daun pada Kelima Varietas Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	47
Tabel 4.3      Rata-Rata Hasil Pengamatan Luas Daun pada Kelima Varietas Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan.....	50
Tabel 4.4      Rata-Rata Hasil Pengamatan Panjang Akar pada Kelima Varietas Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	53
Tabel 4.5      Rata-Rata Hasil Pengamatan Berat Kering Tajuk pada Kelima Varietas Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	56

Tabel 4.6	Rata-Rata Hasil Pengamatan Berat Kering Akar pada Kelima Varietas Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	59
Tabel 4.7	Rata-Rata Hasil Pengamatan Rasio Tajuk Akar pada Kelima Varietas Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	62
Tabel 4.8	Rata-Rata Hasil Pengamatan Jumlah Akar Adventif pada Kelima Varietas Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	65
Tabel 4.9	Rata-Rata Hasil Pengamatan Jumlah Stomata Total pada Kelima Varietas Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	70
Tabel 4.10	Rata-Rata Hasil Pengamatan Jumlah Stomata Membuka pada Kelima Varietas Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	73
Tabel 4.11	Rata-Rata Hasil Pengamatan Jumlah Stomata Menutup pada Kelima Varietas Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	75

Tabel 4.12	Hasil Pengamatan Indeks Sensitifitas Tanaman Tembakau Berdasarkan Parameter Berat Kering Tanaman.....	80
Tabel 6.1	Tabel Perkembangan Produksi dan Produktivitas Tembakau di Jawa Timur pada tahun 2007- 2010.....	102





## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1      Tanaman Tembakau <i>Nicotiana tabacum</i> L. pada berbagai jenis varietas.....	5
Gambar 2.2      Tembakau Varietas Prancak N-1 ...	13
Gambar 2.3      Tembakau Varietas Paiton 2 .....	14
Gambar 2.4      Tembakau Varietas Kemloko 2 dan Kemloko 3.....	16
Gambar 2.5      Tembakau Varietas Kasturi 1 .....	18
Gambar 2.6      Perbedaan Tingkat Kelebihan Air pada Kapasitas Lapang .....	20
Gambar 2.7      Respon Fisiologis Tanaman yang Tercekam Genangan .....	23
Gambar 2.8      Respon Morfologi dan Anatomi Tanaman yang Tercekam Genangan .....	27
Gambar 2.9      Penampang Melintang Akar ( <i>Pistia stratiotes</i> ) yang terdapat Aerenkim. Epidermis (Ep), Aerenkim (Ae), Korteks (Co), Xylem (Xy), Pith (Pi) .....	30

Gambar 2.10	Penampang Melintang Akar Tanaman yang terdapat Aerenkim (Tanda bintang [*] : Aerenkim). (a). graminaceous : <i>Paspalum dilatatum</i> , (b). cyperaceous : <i>Cyperus eragrostis</i> Lam, (c). <i>Apium</i> tipe <i>Lotus tenuis</i> Waldst, & Kit., (d). <i>Rumex</i> tipe <i>Rumex crispus</i> L. ....	31
Gambar 4.1	Tinggi Tanaman pada Kelima Varietas Tanaman Tembakau setelah Perlakuan Cekaman Genangan.....	42
Gambar 4.2	Akar Adventif yang Terbentuk pada Tanaman Tembakau dengan Cekaman Genangan 100% di atas Kapasitas Lapang .....	45
Gambar 4.3	Jumlah Daun pada Kelima Varietas Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan.....	47
Gambar 4.4	Daun Tanaman Tembakau yang Menguning dan Mati .....	49
Gambar 4.5	Luas Daun pada Kelima Varietas Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan.....	50

Gambar 4.6	Panjang Akar pada Kelima Varietas Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan.....	53
Gambar 4.7	Akar Tanaman Tembakau yang Tidak Tercekam Genangan (kontrol) dan Tembakau yang Tercekam Genangan .....	54
Gambar 4.8	Berat Kering Tajuk pada Kelima Varietas Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan.....	56
Gambar 4.9	Akar Adventif Tanaman Tembakau Varietas Kemloko 3 Cekaman Genangan 100% di Atas Kapasitas Lapang .....	58
Gambar 4.10	Tanaman Tembakau Varietas Kemloko 3 .....	58
Gambar 4.11	Berat Kering Akar pada Kelima Varietas Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan.....	60
Gambar 4.12	Rasio Tajuk Akar pada Kelima Varietas Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan.....	63

Gambar 4.13	Jumlah Akar Adventif pada Kelima Varietas Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	65
Gambar 4.14	Akar Adventif pada Tanaman Tembakau yang Tercekam Genangan Air.....	66
Gambar 4.15	Rata-Rata Jumlah Stomata Total pada Kelima Varietas Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	71
Gambar 4.16	Hasil Pengamatan Stomata pada Tanaman Tembakau .....	72
Gambar 4.17	Rata-Rata Jumlah Stomata Membuka pada Kelima Varietas Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan.....	73
Gambar 4.18	Rata-Rata Jumlah Stomata Menutup pada Kelima Varietas Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan.....	76
Gambar 4.19	Penampang Melintang Akar yang terdapat Aerenkim.....	78

Gambar 6.1	Rata-Rata Hasil Pengamatan Berat Kering Total Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	128
------------	---	-----

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 : Skema Kerja Persiapan Media Tanam .....	97
Lampiran 2 : Skema Kerja Pengukuran Kapasitas Lapang.....	97
Lampiran 3 : Skema Kerja Persiapan dan Penanaman Bibit Tanaman Tembakau ( <i>Nicotiana tabacum</i> L.) .....	98
Lampiran 4 : Skema Kerja Perlakuan Cekaman Genangan .....	98
Lampiran 5 : Skema Kerja Pengamatan Morfologi.....	99
Lampiran 6 : Skema Kerja Pengamatan Jumlah Daun Tembakau .....	101
Lampiran 7 : Skema Kerja Pengamatan Aerenkim .....	101
Lampiran 8 : Tabel Perkembangan Produksi dan Produktivitas Tembakau di Jawa Timur pada tahun 2007-2010 .....	102
Lampiran 9 : Perhitungan Pengukuran Kapasitas Lapang.....	103

Lampiran 10 :	Hasil Uji Statistik Pertumbuhan Tinggi Tanaman.....	105
Lampiran 11 :	Hasil Uji Statistik Jumlah Daun ....	107
Lampiran 12 :	Hasil Uji Statistik Pertumbuhan Luas Daun.....	109
Lampiran 13 :	Hasil Uji Statistik Panjang Akar ....	111
Lampiran 14 :	Hasil Uji Statistik Berat Kering Tajuk.....	113
Lampiran 15 :	Hasil Uji Statistik Berat Kering Akar .....	115
Lampiran 16 :	Hasil Uji Statistik Rasio Tajuk Akar .....	117
Lampiran 17 :	Hasil Uji Statistik Jumlah Akar Adventif.....	119
Lampiran 18 :	Hasil Uji Statistik Jumlah Stomata Total.....	121
Lampiran 19 :	Hasil Uji Statistik Jumlah Stomata Membuka .....	123
Lampiran 20 :	Hasil Uji Statistik Jumlah Stomata Menutup.....	125
Lampiran 21 :	Hasil Uji Statistik Berat Kering Total Tanaman .....	127



Lampiran 22 :	Rata-Rata Hasil Pengamatan Berat Kering Tanaman Tembakau Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan .....	128
---------------	---	-----



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Tembakau adalah tanaman musiman yang tergolong dalam tanaman perkebunan. Tanaman tembakau adalah tanaman yang bernilai ekonomi (Simpson & Ogorzaly, 2001). Tanaman tembakau merupakan jenis tanaman yang hidup pada iklim kering. Tanaman tembakau menghendaki kondisi lahan yang kering selama 2-3 bulan setelah penanaman untuk proses pemasakan daun dan panen (Damanik *et al.*, 2010).

Salah satu tingginya resiko budidaya tembakau disebabkan oleh iklim yaitu perubahan cuaca yang tidak menentu. Iklim merupakan faktor penentu terhadap produksi tembakau. Apabila curah hujan tinggi produksi tembakau cenderung menurun dan sebaliknya apabila curah hujan sedikit produksi tembakau akan meningkat (Nur & Apriana, 2013). Produksi tembakau di provinsi Jawa Timur selama lima tahun terakhir (2006-2010) cenderung menurun. Jumlah produksi tembakau Jawa Timur pada tahun 2006 sebesar 81.887 ton, kemudian pada tahun 2010 menurun menjadi hanya 59.992 ton (Lampiran 8). Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan produksi tersebut adalah curah hujan yang tinggi yang menyebabkan genangan pada lokasi penanaman tembakau (Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur, 2011).

Genangan merupakan cekaman lingkungan abiotik yang menurunkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Visser *et al.*, 2003). Genangan merupakan penyebab cekaman hipoksia atau anoksia pada tanaman (Smith *et al.*, 2010). Genangan yang terjadi menyebabkan kondisi perakaran tanaman menjadi anaerob. Kondisi anaerob akibat genangan juga mempengaruhi akar pada berbagai variasi lama waktu. Akar apikal tanaman kapas mati setelah 3 jam, dan pada kacang kedelai setelah 5 jam, namun pada jagung setelah 70 jam (Hodson & Bryant, 2012).

Para petani mengungkapkan bahwa intensitas hujan yang terus meningkat menyebabkan bibit tembakau yang baru ditanam

menjadi layu dan mati (Sigit, 2013). Penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa tanaman tembakau menjadi layu saat dicekam dengan genangan (Kramer & Jackson *dalam* Ezin *et al.*, 2012). Tanaman tembakau yang tercekam genangan akan meningkatkan produksi etilen. Peningkatan etilen juga bersamaan dengan peningkatan kelayuan tanaman (Hunt *et al.*, 1981).

Tanaman pada keadaan tercekam akan berusaha untuk bertahan hidup dengan cara melakukan adaptasi. Tanaman mampu hidup dan tumbuh pada kondisi tanah tergenang melalui adaptasi anatomi, morfologi dan mekanisme metabolik (Pourabdol *dalam* Susilawati *et al.*, 2012). Saat terjadi genangan, konsentrasi hormon etilen dan asam absisat akan meningkat (Smith *et al.*, 2010). Hormon etilen yang meningkat ini akan bekerja dengan IAA yang berfungsi dalam pengendalian pembentukan akar adventif, sedangkan meningkatnya hormon asam absisat akan menyebabkan penutupan stomata terjadi lebih awal (Parent *et al.*, 2008). Selain itu etilen akan menginduksi kematian sel pada korteks akar, yang selanjutnya membentuk aerenkim pada akar. Pengembangan jaringan aerenkim inilah merupakan bentuk adaptasi anatomi tanaman di kondisi cekaman genangan (Taiz & Zeiger, 2010). Seperti contoh pada tanaman jagung, kondisi hipoksia pada cekaman genangan akan merangsang biosintesis etilen yang menginduksi kematian sel pada korteks akar yang selanjutnya membentuk aerenkim pada akar (Nakazono *et al.*, 2009). Selain berkembangnya jaringan aerenkim pada jaringan perakaran, tanaman juga memacu pertumbuhan akar adventif yang memungkinkan perakaran menyerap oksigen (Suwarti *et al.*, 2013). Pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) dengan perlakuan cekaman genangan selama satu minggu juga menyebabkan pembentukan akar adventif (Vidoz *et al.*, 2010).

Pengembangan beberapa varietas tembakau di Indonesia sangatlah beragam. Beberapa contoh varietas tersebut diantaranya adalah varietas Prancak N-1, Paiton 2, Kemloko 2, Kemloko 3, dan Kasturi 1 yang merupakan koleksi Balai Penelitian Tanaman

Pemanis dan Serat (BALITTAS) Malang. Kelima varietas tersebut merupakan varietas unggul tanaman tembakau yang dibudidayakan di Jawa Timur (Surat Keputusan Menteri Pertanian). Namun dari beberapa varietas tersebut belum ada penelitian lebih lanjut yang membahas tentang ketahanannya terhadap cekaman genangan. Untuk mendapatkan varietas tanaman tembakau yang tahan terhadap lingkungan yang tercekam genangan, seleksi merupakan tahapan yang penting yang harus dilakukan dalam suatu program pemuliaan tanaman. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian skala *in vivo* mengenai seleksi pada varietas tanaman tembakau yang tahan terhadap cekaman genangan untuk mendapatkan tetua dengan perlakuan perbedaan tinggi genangan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh cekaman genangan air terhadap morfologi dan anatomi beberapa varietas tanaman tembakau?
2. Tembakau varietas mana yang tahan terhadap cekaman genangan berdasarkan indeks sensitifitas?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Tanaman tembakau yang diujikan adalah tanaman tembakau koleksi Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS) Malang sebanyak 5 varietas yaitu varietas KAsturi 1, Kemloko 2, Kemloko 3, Paiton 2 dan Prancak N-1.
2. Perbedaan perlakuan tinggi genangan dihitung dengan menggunakan persentase dari jumlah air pada kapasitas lapang.

3. Parameter pengamatan hasil meliputi :
  - Pengamatan morfologi berupa tinggi tanaman (cm), berat kering akar dan tajuk (gr), rasio tajuk akar (gr), jumlah daun, luas daun (cm<sup>2</sup>), panjang akar (cm) dan jumlah akar adventif.
  - Pengamatan anatomi berupa pengamatan jumlah stomata dan pengamatan aerenkim.
4. Tingkat toleransi tanaman pada cekaman genangan ditentukan berdasarkan indeks sensitifitas tanaman. Dan penentuan indeks sensitifitas tanaman hanya dibatasi pada berat kering tanaman.

#### **1.4 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui bagaimana pengaruh cekaman genangan air terhadap morfologi dan anatomi beberapa varietas tanaman tembakau.
2. Mengetahui tembakau varietas mana yang tahan terhadap cekaman genangan berdasarkan indeks sensitifitas.

#### **1.5 Manfaat**

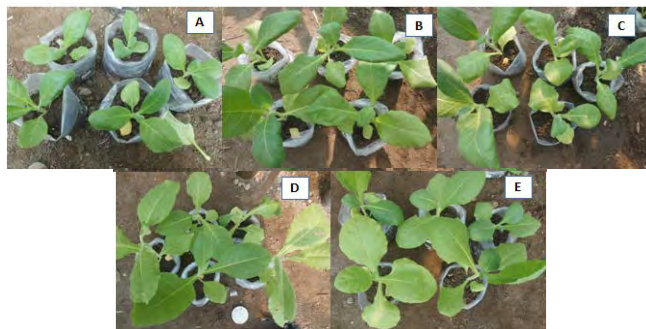
Berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu mendapatkan tanaman tembakau yang tahan terhadap cekaman genangan sehingga diharapkan dapat dijadikan sebagai tetua dari tanaman tembakau yang tahan cekaman genangan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.)

Tembakau merupakan jenis tanaman yang sangat dikenal di kalangan masyarakat Indonesia. Tembakau adalah tanaman musiman yang tergolong dalam tanaman perkebunan. Tanaman ini tersebar di seluruh nusantara dan mempunyai kegunaan yang sangat banyak terutama untuk bahan baku pembuatan rokok (Cahyono, 1998).

Salah satu kandungan senyawa kimia pada tembakau adalah nikotin. Selain alkohol dan kafein, nikotin yang berasal dari tembakau adalah yang paling banyak digunakan sebagai obat psikoaktif di dunia saat ini. Salah satu jenis tembakau dengan nama ilmiah *N. tabacum* L. telah menjadi barang komersial penting di hampir setiap negara karena memiliki kandungan nikotin pada daunnya yang cukup tinggi (Simpson & Ogorzaly, 2001). Berikut di bawah ini merupakan gambar dari *N. tabacum* L. pada berbagai jenis varietas.



Gambar 2.1 Tanaman tembakau (*N. tabacum* L.) pada berbagai jenis varietas (Sumber : Dokumentasi pribadi).

Keterangan gambar : (A). Varietas Kasturi 1, (B). Varietas Kemloko 2, (C). Varietas Kemloko 3, (D). Varietas Paiton 2, (E). Varietas Prancak N-1

### 2.1.1 Klasifikasi Tanaman Tembakau (*N. tabacum* L.)

Tanaman tembakau merupakan tanaman semusim dari Divisio Spermatophyta dengan klasifikasi menurut Steenis (2005) sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Class	: Dicotyledonae
Order	: Solanales
Familia	: Solanaceae
Genus	: Nicotiana
Species	: <i>N. tabacum</i> L.

### 2.1.2 Morfologi Tanaman Tembakau (*N. tabacum* L.)

Tanaman tembakau berupa semak, tegak, sedikit bercabang dan mempunyai tinggi 0,5-2,5 meter. Daun tunggal, bertangkai pendek, memanjang, atau berbentuk lanset, dengan pangkal yang menyempit, sebagian memeluk batang dan ujung runcing. Kelopak bunga berbentuk tabung, yang memanjang tidak sama. Tabung bunga jantan 4 cm panjangnya dan berbentuk bintang, bertaju 5, taju runcing. Benang sari bebas, yang sebuah lebih pendek dari yang lainnya. Buah bentuk telur memanjang, akhirnya coklat, dimahkotai oleh pangkal tangkai putih yang pendek, beruang-ruang. Biji kecil, banyak sekali (Steenis, 2005).

Berikut di bawah ini merupakan deskripsi masing-masing bagian organ tanaman tembakau :

#### **Akar**

Tanaman tembakau memiliki akar tunggang. Jenis akar tunggang pada tanaman tembakau dapat tumbuh sepanjang 0,75 m. Selain akar tunggang, terdapat pula akar serabut dan bulu akar. Pertumbuhan perakaran ada yang lurus, berlekuk baik pada akar tunggang maupun pada akar serabut. Perakaran yang baik tergantung pada kesuburan tanah (Matnawi, 1997).



## **Batang**

Batang tanaman tembakau agak bulat, agak lunak tetapi kuat, makin ke ujung makin kecil. Ruas batang mengalami penebalan yang ditumbuhi daun dan batang tanaman tidak bercabang atau sedikit bercabang. Pada setiap ruas batang, selain ditumbuhi daun juga tumbuh tunas ketiak daun, dengan diameter batang sekitar 1-2 cm (Abdullah, 2002).

## **Daun**

Bagian terpenting tembakau adalah daun dengan ciri-ciri antara lain daun berwarna hijau, berbentuk oval, ujung meruncing, tepi licin dan bertulang sirip. Dalam satu tanaman, jumlah daun yang dapat dimanfaatkan sekitar 32 helai. Ukuran daun tergantung dari jenis daun, varietas yang ditanam, kesuburan tanah dan pengelolaan. Daun bertangkai pendek, memanjang dengan pangkal yang menyempit dan ujung runcing. Antara daun dan batang tembakau dihubungkan oleh tangkai daun yang pendek atau tidak bertangkai sama sekali (Cahyono, 1998).

## **Bunga**

Bunga berbentuk terompet dan panjang. Warna bunga merah jambu sampai merah tua pada bagian atasnya, sedangkan bagian lain berwarna putih. Bunga tanaman tembakau merupakan bunga majemuk yang terdiri dari beberapa tandan dan setiap tandan berisi sampai 15 bunga. Panjang mahkota 4-4.5 cm. Benang sari berjumlah lima tetapi yang satu lebih pendek dan melekat pada mahkota bunga. Kepala putik atau tangkai putik terletak di atas bakal buah di dalam tabung bunga. Letak kepala putik dekat dengan benang sari dengan kedudukan sama tinggi. Pangkal tangkai putik pendek (Steenis, 2005).

## **Buah dan Biji**

Buah berbentuk telur memanjang dan berukuran kecil, berisi biji yang ringan. Selain itu buah berwarna coklat muda kehitaman dan beruang 2. Buah tembakau akan tumbuh setelah

tiga minggu penyerbukan. Biji berukuran kecil dengan diameter berkisar 30 $\mu$ m sampai 560 $\mu$ m dan beratnya antara 50mg hingga 80 mg per 1000 biji. Selain itu biji berjumlah banyak (13.000biji/gr) dan melekat di pusat (Goldsworthy & Fisher, 1992).

### **2.1.3 Ekologi Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.)**

Ditinjau dari konteks lingkungan fisik (tanah, air, udara dan iklim) terutama iklim mikro maka untuk mendapatkan daun tembakau yang berkualitas diperlukan syarat-syarat yaitu kelembaban udara sekitar 60%-80%, curah hujan rata-rata per bulan  $\pm$ 175 mm, temperatur udara berkisar antara 21°C – 33°C serta intensitas penyinaran matahari berkisar antara 61% - 69% (Sudaryono, 2004).

#### **2.1.3.1 Iklim**

Tanaman tembakau pada umumnya tidak menghendaki iklim yang kering ataupun iklim yang basah. Angin kencang yang sering melanda lokasi tanaman tembakau dapat merusak tanaman (Abdullah, 2002). Untuk tanaman tembakau dataran rendah, curah hujan rata-rata 2.000 mm/tahun, sedangkan untuk tembakau dataran tinggi, curah hujan rata-rata 1.500-3.500 mm/tahun. Penyinaran cahaya matahari yang kurang dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman yang kurang baik sehingga produktivitasnya rendah. Oleh karena itu lokasi untuk tanaman tembakau di pilih di tempat terbuka (Matnawi, 1997).

#### **2.1.3.2 Tanah**

Tipe tanah yang berstruktur remah, sedikit berpori, pasir halus (tanah ringan) dengan aerasi yang baik lebih cocok untuk pertumbuhan tanaman tembakau, diharapkan tekstur tanah yang seperti ini dapat menghasilkan daun yang tipis, elastis, dan warna krosok yang cerah (Matnawi, 1997).

Tanah yang cocok untuk tanaman tembakau yang terpenting adalah tanah tersebut harus cukup gembur, mempunyai

kandungan humus yang cukup serta dapat merembeskan air dengan baik tetapi tidak terlalu cepat kering. Jenis tanah seperti itu adalah tanah tipe podsolik, latosol, tanah vulkanik lempung berdebu. Tanaman tembakau menghendaki kondisi lahan yang kering selama 2-3 bulan setelah penanaman untuk proses pemasakan daun dan panen. Tanaman tembakau memerlukan penyinaran matahari yang cukup, jadi diperlukan medan yang terbuka. Lahan yang terlindung dari pepohonan kurang baik untuk pertumbuhan tembakau (Damanik *et al.*, 2010).

Tanah yang dapat ditanami tembakau adalah jenis tanah ber pH 5-6. kesuburan tanah diberi batas sebagai mutu kemampuan suatu tanah menyediakan unsur hara secara berkesinambungan (Damanik *et al.*, 2010).

#### **2.1.4 Jenis-Jenis Tembakau di Indonesia**

Di Indonesia tembakau yang baik (komersial) hanya dihasilkan oleh daerah-daerah tertentu. Kualitas tembakau sangat ditentukan oleh lokasi penanaman dan pengolahan pascapanen. Akibatnya, hanya beberapa tempat yang memiliki kesesuaian dengan kualitas tembakau terbaik. Berikut adalah jenis-jenis tembakau yang dinamakan menurut tempat penghasilnya (Cahyono, 1998) :

- Tembakau Deli : Penghasil tembakau cerutu.
- Tembakau Temanggung : Penghasil tembakau rajangan untuk sigaret.
- Tembakau Vorstenlanden (Yogya-Klaten-Solo) : Penghasil tembakau untuk cerutu dan tembakau sigaret (tembakau Virginia).
- Tembakau Besuki : Penghasil tembakau srintil untuk sigaret.
- Tembakau Madura : Penghasil tembakau untuk sigaret.
- Tembakau Lombok Timur : Penghasil tembakau untuk sigaret (tembakau Virginia).

Sedangkan menurut jenisnya tembakau dibedakan menjadi lima oleh Cahyono (1998), diantaranya yaitu :

1. Tembakau cerutu yang secara umum dibagi menjadi 3 berdasarkan fungsinya yaitu sebagai pengisi, pembalut dan pembungkus. Yang tergolong sebagai tembakau cerutu terdiri dari :
  - a. Tembakau Deli, digunakan sebagai pembungkus dalam industri rokok cerutu.
  - b. Tembakau Vorstenlanden, digunakan sebagai pembalut/pengisi rokok cerutu.
  - c. Tembakau Besuki, digunakan sebagai pembalut/pengisi rokok cerutu dan daunnya dapat digunakan sebagai pembungkus rokok.
2. Tembakau Pipa. Tembakau ini khusus digunakan untuk rokok pipa dan bukan pembuatan rokok cerutu atau kretek.
3. Tembakau Sigaret. Tembakau ini digunakan untuk bahan baku pembuatan rokok sigaret, baik rokok putih maupun rokok kretek. Tembakau jenis sigaret ini dibedakan menjadi tiga yaitu tembakau Virginia, Oriental dan Burley.
  - a. Tembakau Virginia : Jenis tembakau virginia cukup mudah dibedakan dari jenis yang lain karena memiliki kenampakan (dari daunnya) yang agak berbeda. Tembakau virginia memiliki daun yang berwarna kekuning-kuningan. Bentuk daunnya panjang sampai jorong (elliptical), tetapi terkadang bulat telur (ovalis). Ujung daunnya lancip. Tembakau virginia yang berkualitas baik, melalui pengolahan daun flue curing akan menghasilkan krosok yang berwarna kuning jingga/limau. Di samping warnanya yang menarik, ciri khas virginia adalah aromanya (Setiadji, 2011).
  - b. Tembakau Oriental : Tembakau Oriental memiliki keunggulan dibandingkan dengan jenis tembakau lain yaitu terletak pada aroma yang

harum dan khas. Karena aromanya yang khas, tembakau Oriental/Turki juga disebut sebagai aromatic tobacco. Tembakau Turki digunakan oleh semua pabrik rokok sebagai campuran yang dapat meningkatkan mutu rokok sigaret (Abdullah, 2002).

- c. Tembakau Burley : Tembakau Burley bercirikan warna daun hijau pucat, batang dan ibu tulang daun berwarna putih krem, daun tergolong ukuran besar ( $90\text{--}160\text{ cm}^2$ ), tanaman lebih banyak berbentuk silindris daripada piramida, tinggi tanaman sekitar 180 cm. Krosok daun tembakau Burley setelah pengolahan menjadi tipis, berwarna coklat kemerah–merahan, halus dan lunak, serta beraroma sedap (Abdullah, 2002).
4. Tembakau Asli/Rejangan. Tembakau ini disebut juga tembakau rakyat, dimana tembakau ini diolah dengan direjang lalu dikeringkan dengan penjemuran matahari. Tembakau rakyat digunakan sebagai bahan baku pembuatan rokok kretek.
5. Tembakau Asepan yakni tembakau yang daunnya diolah dengan cara pengasapan, tembakau ini digunakan untuk rokok lintingan (tembakau dilinting dengan kertas rokok halus).

Tembakau di Indonesia dapat dipisahkan menurut musim tanamnya yang terbagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Tembakau Voor-Oogst (VO). Tembakau semacam ini biasanya dinamakan tembakau musim kemarau atau onberegend. Artinya, jenis tembakau yang ditanam pada waktu musim penghujan dan dipanen pada waktu musim kemarau. Contohnya : tembakau sigaret, tembakau rakyat dan tembakau asapan (Matnawi, 1997).
2. Tembakau Na-Oogst (NO). Tembakau Na-Oogst adalah jenis tembakau yang ditanam pada musim kemarau,

kemudian dipanen atau dipetik pada musim penghujan. Contohnya : tembakau cerutu dan tembakau pipa (Matnawi, 1997).

#### **2.1.4.1 Deskripsi Tembakau Varietas Prancak N-1**

Tembakau varietas Prancak N-1 telah resmi dikeluarkan pada tanggal 12 Mei 2004 oleh Menteri Pertanian dalam SK No. 320/Kpts/SR.120/5/2004. Tembakau Madura varietas Prancak N-1 mempunyai keunggulan dibanding dengan varietas lainnya dalam hal produktivitas per Ha, kandungan nikotin yang rendah dan cukup tahan terhadap penyakit lanas. Adapun ciri-ciri dari varietas Prancak N-1 adalah berasal dari nomor galur : 93/2, asal persilangan dari tembakau Madura dan oriental (Prancak-95 x Ismir) yang termasuk spesies *Nicotiana tabacum* L., habitus kerucut, tinggi tanaman  $46,7 + 8,98$  cm, panjang ruas  $5,8$  cm, warna batang hijau muda, bulu batang halus agak rapat, jumlah daun  $13,01 + 1,88$  lembar, sudut daun pada batang adalah tegak ( $50^\circ$ ), ujung daunnya runcing, tepi daun agak bergelombang, permukaan daun rata dan halus, tebal daun sedang, warna daun hijau muda, phylotaxi  $3/8$  putar kekiri, tangkai daunnya duduk dan tidak bertangkai, sayap daun lebar, telinga daun lebar dan tidak memeluk batang, panjang daun  $31,2 + 4,03$  cm, lebar daun  $16,0 + 2,02$  cm, bentuk daun bulat telur (ovatus), indeks daun  $0,513$ , umur berbunga  $57,56 + 2,63$  hari, warna mahkota bunga adalah merah muda, warna kepala putik hijau muda, warna kepala sari hijau muda, bentuk buah bulat telur, warna biji coklat, hasil rajangan  $0,892 + 0,227$  (ton/ha), indeks mutu  $62,45 + 11,14$ , kadar nikotin  $1,76 + 0,38\%$ , indeks tanaman  $60,07 + 22,09$  dan ketahanannya terhadap penyakit lanas adalah moderat tahan.

Teknologi budidaya tembakau Madura varietas Prancak yang rendah nikotin ini sesuai untuk lahan kering dengan ketinggian tempat 50-350m d.p.l. Lahan-lahan tersebut merupakan sentra tembakau Madura yang berjenis tanah Mollisol (Benzina) dan Alfisol (Mediteran). Pada umumnya lahan-lahan tersebut bertekstur tanah lempung dan lempung berpasir. Sentra-

sentra produksi tembakau Madura yang sesuai dengan teknologi budidaya tembakau rendah nikotin adalah daerah dengan curah hujan rata-rata 940-1373 mm/tahun yang mempunyai jumlah bulan basah 4-6 bulan dan jumlah bulan kering 5-6 bulan (Suwarso, 2004).

Berikut di bawah ini merupakan gambar morfologi tembakau varietas Prancak N-1 :



Gambar 2.2 Tembakau varietas Prancak N-1 (Sumber : Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, 2012).

#### **2.1.4.2 Deskripsi Tembakau Varietas Paiton 2**

Tembakau varietas Paiton 2 telah resmi dilepas pada tahun 2012 oleh Menteri Pertanian dalam SK No. 587/Kpts/SR.120/2/2012. Tembakau varietas Paiton 2 mempunyai keunggulan dibanding dengan varietas lainnya dalam hal kandungan nikotinnya yang rendah. Adapun ciri-ciri dari varietas Paiton 2 seperti berikut di bawah habitus kerucut, panjang ruasnya adalah panjang dan atas/bawah tidak konsisten, sudut daun tegak, ujung daun runcing, tepi daun beringgit, permukaan daun berbendol, tebal daun tipis, warna daun hijau kekuningan, phylotaxi 3/8, sayap daun lebar licin, telinga daun lebar, bentuk daun lonjong, tinggi tanaman  $155,3 \pm 22,5$  cm, jumlah daun (produksi)  $25,3 \pm 2,2$  lb/ph, panjang daun  $48,1 \pm 4,1$  cm, lebar daun  $24,5 \pm 1,9$  cm, umur berbunga  $65,8 \pm 5,1$  hari, umur panen  $86,3 \pm 2,8$  hari, hasil rajangan  $0,937 - 1,049$  ton/ha,

indeks mutu 64,48 – 87,01 dan dengan kadar nikotin 2,38 – 3,89%.

Tembakau Paiton yang berkembang di wilayah Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur ini merupakan bahan baku rokok kretek yang dibutuhkan dalam jumlah cukup banyak karena berperan sebagai tembakau semi aromatis. Seiring dengan pergeseran selera perokok ke arah rokok ringan/mild/nikotin rendah, tembakau paiton semakin diminati konsumen karena kadar nikotinnya rendah. Habitat yang sesuai untuk tembakau varietas Paiton 2 ini adalah lahan tegal dan sawah (Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, 2012).

Berikut di bawah ini merupakan gambar morfologi tembakau varietas Paiton 2 :



Gambar 2.3 Tembakau varietas Paiton 2 (Sumber : Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, 2012).

#### **2.1.4.3 Deskripsi Tembakau Varietas Kemloko 2 dan Kemloko 3**

Tembakau varietas Kemloko 2 telah resmi dilepas pada tanggal 1 Agustus 2005 oleh Menteri Pertanian dalam SK No. 309/Kpts/SR.120/8/2005. Tembakau Temanggung varietas Kemloko 2 mempunyai keunggulan dibanding dengan varietas lainnya dalam hal potensi hasil rajangan kering, kadar nikotin yang cukup rendah dan tahan terhadap bakteri *P. solanacearum* serta nematode *Meloidogyne* spp. Adapun ciri-ciri dari varietas Kemloko 2 yaitu dengan kode persilangan A, asal persilangannya yaitu berasal dari varietas Sindoro 1 dan Coker 51 dengan metode



pemuliaan back cross 3 kali. Varietas dari species *Nicotiana tabacum* ini memiliki habitus silindris, tinggi tanaman 134,77–149,57 cm, panjang ruas rapat, warna batang adalah hijau, bulu batangnya berbulu, jumlah daun (produksi) adalah 18,43-21,10. Sudut daunnya tegak dengan ujung daun yang meruncing. Tepi daun berombak, permukaan daun rata, tebal daun tipis. Warna daun hijau dengan kedudukan daun atau phylotaxi \* 2/5. Tangkai daunnya duduk dengan sayap daunnya sempit. Telinga daunnya lebar dengan panjang daun 47,52 – 51,77 cm dan lebar daun 32 – 25,95 cm. Bentuk daunnya lonjong, indek daun 0,501 – 0,502. Umur berbunga 94,76 – 100,00 hst. Warna mahkota bunga merah muda dengan warna kepala sari krem. Bentuk buah bulat telur dengan warna biji coklat. Umur panen 120 – 140 hst. Potensi hasil 0,704 + 0,28 ton/ha. Indek mutu 40,28 + 5,42, indek tanaman 28,38 + 12,81. Kadar nikotin 5,52 + 3,46%, kadar gula 2,96% (relatif sedang) serta memiliki ketahanan terhadap penyakit Bakteri *P. Solanacearum* dan Nematode *Meloidogyne* spp.

Tembakau varietas Kemloko 3 telah resmi dilepas pada tanggal 1 Agustus 2005 oleh Menteri Pertanian dalam SK No. 310/Kpts/SR.120/8/2005. Tembakau Temanggung varietas Kemloko 3 mempunyai keunggulan dibanding dengan varietas lainnya dalam hal potensi hasil, kadar nikotin yang cukup rendah dan sangat tahan terhadap bakteri *P. solanacearum* serta nematode *Meloidogyne* spp. Adapun ciri-ciri dari varietas Kemloko 2 yaitu dengan kode persilangannya adalah E. Asal persilangan yaitu dari varietas Sindoro 1 dan Coker 51 dengan metode pemuliaan back cross 2 kali. Salah satu varietas dari species *N. tabacum* ini memiliki habitus silindris. Tinggi tanaman 148,77 – 164,43 cm. Panjang ruasnya rapat dengan warna batang hijau dan bulu batangnya berbulu. Jumlah daun (produksi) adalah 18,90 – 21,97. Sudut daun tegak, ujung daun runcing, tepi daun berombak, permukaan daun rata, tebal daun tipis, warna daunnya hijau dengan phylotaxi \*3/8. Tangkai daun duduk. Sayap daunnya lebar, telinga daunnya lebar. Panjang daun 37,57 – 49,15 cm

dengan lebar daun 20,99 – 24,96 cm. Bentuk daun lonjong, indeks daun 0,505 – 0,508. Umur berbunga 89,33 – 99,33 hst. Warna mahkota bunga adalah merah muda dengan warna kepala sari krem. Bentuk buah bulat telur, warna biji coklat. Umur panen 119 – 139 hst, dengan potensi hasil 0,695 + 0,16 ton/ha. Indeks mutu 36,01 + 7,01, indeks tanaman 25,50 + 9,49. Kadar nikotin 6,02 + 3,72%, kadar gula 1,98% (relatif sedang). Memiliki ketahanan terhadap Nematode *Meloidogyne* spp serta ketahanannya terhadap penyakit bakteri *P. Solanacearum* adalah sangat tahan.

Berikut di bawah ini merupakan gambar morfologi tembakau varietas Kemloko 2 dan Kemloko 3 :



Gambar 2.4 Tembakau varietas Kemloko 2 (kiri) dan varietas Kemloko 3 (kanan) (Sumber : Rochman, 2012).

Tanaman tembakau (*N. tabacum* L.) varietas Kemloko sesuai ditanam di dataran tinggi 700 m d.p.l sampai dengan 1500 m d.p.l dengan curah hujan yang dibutuhkan antara 2.200-3.100 mm/tahun dengan 8-9 bulan basah dan 3-4 bulan kering. Daerah penanaman yang sampai pada saat ini masih berpusat di lereng gunung Sumbing dan gunung Sindoro Kabupaten Temanggung (Basuki *et al.*, 2000).

Tembakau Temanggung mempunyai ciri aromatis dengan kadar nikotin tinggi (3-8%) yang merupakan rokok kretek yang sulit dicari penggantinya serta berperan sebagai pemberi rasa dan aroma sehingga hampir semua pabrik rokok kretek membutuhkan tembakau ini. Di samping itu, daun bawah tembakau

Temanggung diolah dalam bentuk krosok sebagai komoditas ekspor. Ditinjau dari mutu tembakau yang dihasilkan, semakin tinggi tempat penanaman akan semakin tinggi mutu tembakau yang dihasilkan. Oleh karena ini areal penanaman tembakau terus berkembang pada daerah-daerah dengan ketinggian lebih dari 1000 m d.p.l yang berupa lahan kering dengan kemiringan lebih dari 30% (Isdijoso & Mukani, 2000).

Tembakau temanggung merupakan bahan baku penting untuk rokok kretek, karena berperan sebagai pemberi rasa dan aroma yang khas. Lahan penanaman tembakau temanggung sangat bervariasi. Ketinggian tempat mulai dari 600–1500m dpl., topografi wilayah mulai dari daerah datar, berbukit-bukit sampai pada lereng-lereng gunung dengan kemiringan 60%. Jenis tanah Regosol dan Latosol dengan tekstur lempung, lempung berpasir, dan tekstur pasir. Lahan penanaman meliputi lahan tadah hujan dan lahan sawah (Rochman & Yulaikah, 2012).

Tembakau varietas Kemloko ini apabila tumbuh di daerah tegal gunung di wilayah Temanggung, dapat menghasilkan tembakau dengan mutu yang sangat tinggi (mutu Srintil), dengan dosis pupuk 120 kg N + 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 30 m<sup>3</sup> pupuk kandang per hektar dengan jarak tanam 90x60 cm (Rochman & Yulaikah, 2012).

#### **2.1.4.4 Deskripsi Tembakau Varietas Kasturi 1**

Tembakau varietas Kasturi 1 telah resmi dilepas pada bulan Februari tahun 2007 oleh Menteri Pertanian dalam SK No.132/Kpts/SR.120/2/2007. Tembakau varietas Kasturi 1 mempunyai keunggulan dibanding dengan varietas lainnya dalam hal umur panen, indeks mutu, kadar nikotin rendah dan produksi rajangan kering. Adapun ciri-ciri dari tembakau varietas Kasturi 1 yaitu berasal dari varietas seleksi masa positif kasturi mawar, Jember. Bentuk daun lonjong, ujung daun meruncing, tepi daun rata, permukaan daun rata, phylotaxi 2/5 putar ke kiri. Indeks daun 0,486 dengan jumlah daun 16-19 lembar. Produksi

tembakau varietas Kasturi 1 ini adalah 1,75 ton kerosok/ha. Indeks mutu  $81,75 + 0,98$  dan dengan kadar nikotin  $3,21 + 0,08$ .

Budidaya tembakau Kasturi dilakukan di lahan tegal dan sawah dengan lokasi penanaman di dataran rendah (90m d.p.l) sampai perbukitan (500m d.p.l) dengan kemiringan lahan  $15^{\circ}$  -  $40^{\circ}$ . Saat ini sebagian besar budidaya tembakau varietas Kasturi dilakukan di Kabupaten Jember dan Lumajang (Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Timur, 2011).

Berikut di bawah ini merupakan gambar morfologi tembakau varietas Kasturi 1 :



Gambar 2.5 Tembakau varietas Kasturi 1 (Sumber : Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, 2007).

## 2.2 Cekaman

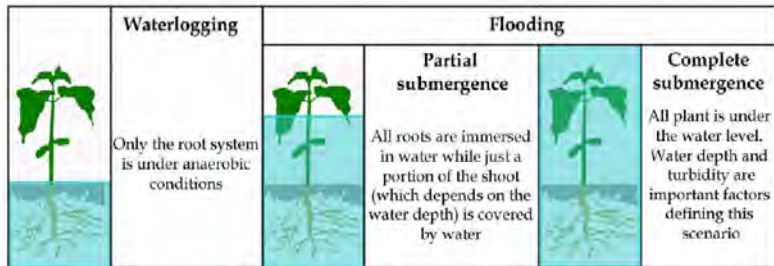
Cekaman merupakan kondisi lingkungan yang dapat memberi pengaruh buruk pada pertumbuhan, reproduksi dan kelangsungan hidup tumbuhan (Campbell *et al.*, 2003). Cekaman bisa berasal dari faktor lingkungan biotik dan abiotik yang dapat mengurangi laju proses fisiologis. Tanaman mengimbangi efek merusak dari cekaman melalui berbagai mekanisme, tergantung pada sifat dari cekaman dan proses fisiologis yang berpengaruh. Respon ini bersama-sama memungkinkan tanaman untuk mempertahankan tingkat yang relatif konstan dari proses fisiologis, meskipun terjadinya cekaman secara berkala dapat mengurangi kinerja tanaman tersebut. Jika tanaman mampu bertahan dalam lingkungan yang tercekam, maka tanaman tersebut memiliki tingkat resistensi terhadap cekaman (Lambers *et al.*, 1998).

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan cekaman/stress pada tanaman dapat dibedakan menjadi dua yaitu faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik berasal dari makhluk hidup seperti kompetisi antara tanaman dengan tanaman lain untuk mendapatkan nutrisi, interaksi antara tanaman dengan hewan dan patogen tanaman yang disebabkan oleh jamur. Sedangkan faktor abiotik berasal dari faktor tak hidup seperti air (kekeringan, genangan), temperatur, salinitas, cahaya matahari dan polutan (Kranter *et al.*, 2010). Air merupakan pembatas pertumbuhan tanaman karena jika jumlahnya terlalu banyak menimbulkan genangan dan menyebabkan cekaman aerasi, sedangkan jika jumlahnya terlalu sedikit sering menimbulkan cekaman kekeringan (Eliakim *et al.*, 2008).

Cekaman abiotik pada tanaman merupakan salah satu tantangan yang penting untuk diperhatikan karena memiliki dampak yang besar bagi pertumbuhan tanaman. Dampak negative yang dihasilkan dari cekaman abiotik yaitu bisa mengganggu proses metabolisme tanaman >50% (Rejeb *et al.*, 2014).

### **2.2.1 Cekaman Genangan**

Genangan merupakan cekaman lingkungan abiotik yang menurunkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Genangan sering terjadi di ekosistem dengan curah hujan yang tinggi, terutama pada tanah dengan drainase yang buruk (Visser *et al.*, 2003). Genangan merupakan salah satu istilah yang dipakai untuk mengetahui bahwa terdapat kelebihan air pada kapasitas lapang. Genangan dapat dibedakan menjadi 3 yaitu hanya akar tanaman saja yang tergenang air (*waterlogging*), tanaman terendam sebagian (*Flooding Partial Submergence*) dan tanaman terendam keseluruhan (*Flooding Complete Submergence*) seperti terlihat pada gambar 2.6 (Striker & Mworira, 2012).



Gambar 2.6 Perbedaan tingkat kelebihan air pada kapasitas lapang  
(Sumber : Striker & Mworira, 2012).

Genangan (*Waterlogging*) merupakan suatu keadaan dimana kelebihan air hanya berada pada pori-pori tanah atau tepat hanya pada bagian tanah saja dan dimungkinkan juga berada sangat tipis di atas permukaan tanah atau bahkan tidak sampai di atas permukaan tanah sama sekali. Oleh karena itu apabila dalam kondisi tergenang air, hanya sistem perakaran tanaman saja yang berada di bawah kondisi anaerob yang dikarenakan kekurangan oksigen sementara bagian atas tanaman tetap dalam kondisi normal atmosfer. Sedangkan terendam (*flooding submergence*) merupakan suatu keadaan dimana kelebihan air sampai ke atas permukaan tanah. Dalam kondisi terendam sebagian (*flooding partial submergence*) selain akar yang terendam, tanaman memiliki sebagian dari tunas mereka yang berada di bawah air. Sedangkan dalam kondisi terendam keseluruhan (*flooding complete submergence*), seluruh bagian tanaman berada di dalam air. Dalam kondisi seperti inilah tanaman akan menghadapi kondisi yang paling tercekam (Striker & Mworira, 2012).

Perlu diketahui bahwa, pada kedalaman air yang sama, tingkat perendaman tanaman akan tergantung pada tahap perkembangan (misalnya bibit atau tanaman dewasa) dan kebiasaan pertumbuhan tanaman (seperti pertumbuhan tanaman tegak atau menjalar), jadi apabila tingkat kedalaman air sama namun tahap perkembangan dan kebiasaan pertumbuhan tanaman

berbeda maka perubahan sifat morfologi, anatomi dan fisiologisnya akan berbeda pada masing-masing tanaman (Striker dan Mworio, 2012). Sekitar 20% air dalam tanah yang melebihi kapasitas lapang pada kondisi tergenang mengakibatkan tanah kekurangan oksigen (Colmer & Voesenek, 2009).

Genangan menyebabkan cekaman hipoksia atau anoksia pada tanaman (Smith *et al.*, 2010). Tanaman yang tergenang dalam waktu singkat akan mengalami kondisi hipoksia (kekurangan  $O_2$ ). Hipoksia biasanya terjadi jika hanya bagian akar tanaman yang tergenang (bagian tajuk tidak tergenang) atau tanaman tergenang dalam periode yang panjang tetapi akar berada dekat permukaan tanah. Jika tanaman tergenang seluruhnya, akar tanaman berada jauh di dalam permukaan tanah dan mengalami penggenangan lebih panjang sehingga tanaman berada pada kondisi anoksia (keadaan lingkungan tanpa  $O_2$ ). Kondisi anoksia terjadi pada 6-8 jam setelah penggenangan, karena  $O_2$  terdesak oleh air dan sisa  $O_2$  dimanfaatkan oleh mikroorganisme lain. Pada kondisi tergenang, kandungan  $O_2$  yang tersisa dalam tanah lebih cepat habis bila terdapat tanaman karena laju difusi  $O_2$  di tanah basah 10.000 kali lebih lambat dibandingkan dengan di udara (Dennis *et al.*, 2000). Kondisi hipoksia atau anoksia tidak hanya menghalangi fiksasi N, tetapi juga distribusi N dan mineral lain sehingga menghambat pertumbuhan akar dan nodulasi. Akibat transportasi N dan mineral ke bagian tajuk tidak mencukupi, daun akan menguning yang akan diikuti oleh pengguguran daun. Scott *et al.* (1989) melaporkan, pengaruh penggenangan ditunjukkan oleh daun yang menguning, pengguguran daun pada buku terbawah, kerdil, serta berkurangnya berat kering dan hasil tanaman.

Genangan air merupakan penyebab keadaan tercekam hipoksia (ketersediaan oksigen sedikit) atau keadaan tercekam anoksia (tidak tersedia oksigen). Ketika tanah tergenang air, rongga udara dan kantong udara dalam tanah hilang. Untuk tanaman, keadaan hipoksia (ketersediaan oksigen sedikit) dimulai ketika kadar gas oksigen dalam tanah berada di bawah

50mmol/m<sup>3</sup>. Pada umumnya setelah tanaman terendam air, ketersediaan oksigen di daun akan mengalami penurunan sebesar 60% dalam satu jam dan 95% dalam sehari, meskipun rata-rata yang tepat dipengaruhi oleh tipe tanah dan suhu. Gas oksigen dipindahkan dari tanah karena kelarutannya rendah dan rendahnya tingkat difusi dalam air dan juga karena semua mikroorganisme tanah cenderung mengkonsumsi semua oksigen yang tersedia. Meskipun semua tanaman bersifat obligat aerob (tidak dapat hidup tanpa oksigen), beberapa spesies dapat bertahan hidup atau bahkan mengalami sedikit pertumbuhan dengan beberapa atau semua organ mereka dalam keadaan lingkungan anoksia (tanpa oksigen). Kebanyakan spesies tanaman toleran terhadap kondisi hipoksia (sedikit oksigen) jangka pendek. Pretreatment atau aklimatisasi tanaman dalam keadaan hipoksia dapat menyebabkan tanaman tersebut toleran/tahan untuk berada dalam keadaan hipoksia, tetapi tidak toleran apabila berada dalam kondisi anoksia (Smith *et al.*, 2010). Rendahnya oksigen dalam tanah dapat mempengaruhi perubahan proses metabolisme tanaman dari keadaan aerob menjadi anaerob (Hodson & Bryant, 2012).

### **2.2.1.1 Respon Fisiologis Tanaman terhadap Cekaman Genangan**

Respon fisiologis awal tanaman yang tergenang air adalah pengurangan konduktifitas dari stomata. Tanah yang tergenang air tidak hanya meningkatkan resistensi stomata tetapi juga dapat menyebabkan penyerapan air sedikit sehingga mengarah ke defisit air internal. Rendahnya kadar oksigen juga dapat mengurangi konsekuensi konduktivitas hidrolik untuk penurunan permeabilitas akar (gambar 2.7). Penurunan permeabilitas akar mungkin juga terkait dengan penurunan gerakan radial air di akar. Dengan demikian tampaknya permeabilitas akar akan berkurang pada seluruh tanaman yang berada di bawah kondisi genangan air yang mungkin terkait dengan penghambatan proses transportasi air. Selain itu,



penurunan gerakan radial air di akar mungkin disebabkan oleh adanya gradien oksigen dalam jaringan akar. Memang telah ada bukti yang jelas bahwa dalam tanah yang tergenang air, gradient oksigen ada di antara jaringan stele yang mungkin dalam kondisi anoksia dan sel-sel kortikal mungkin berada pada kondisi hipoksia. Dengan demikian perbedaan-perbedaan dalam lingkungan jaringan mikro juga dapat menyebabkan perbedaan cross-sectional dalam tingkat energi sel dan penurunan permeabilitas dalam akar berikutnya (Parent *et al.*, 2008).



Gambar 2.7 Respon fisiologis tanaman yang tercekam genangan (Sumber : Parent *et al.*, 2008).

Kekurangan oksigen umumnya menyebabkan penurunan laju fotosintesis yang cepat pada tanaman yang toleran terhadap genangan yang pada umumnya dianggap sebagai akibat dari berkurangnya jumlah stomata. Faktor-faktor lain seperti penurunan kandungan klorofil daun, penuaan dini pada daun dan penurunan luas daun juga dapat menyebabkan penghambatan proses fotosintesis pada tahap berikutnya (Parent *et al.*, 2008).

Respon lain pada tanaman yang tergenang adalah penutupan stomata dan pengurangan aliran air dari akar menuju tajuk. Respon tanaman terhadap genangan sering kali meningkatkan asam absisat pada daun yang berperan dalam penutupan stomata sehingga menghambat pertumbuhan daun

(Riche *dalam* Hapsari & Adie, 2010). Cekaman genangan juga dapat menyebabkan meningkatnya produksi hormon etilen (Visser *et al.*, 2003). Etilen juga dapat menyebabkan stomata menutup, diduga karena etilen dan asam absisat dapat menyebabkan perubahan pada membran pelindung sel sehingga mengganggu keluar-masuknya air dan ion. Kejadian tersebut akan meningkatkan konsentrasi CO<sub>2</sub> dan menyebabkan stomata menutup. Stomata membuka dengan cepat bila tanaman tergenang dalam waktu singkat (Riche *dalam* Hapsari & Adie, 2010).

Saat terjadi genangan, konsentrasi etilen akan meningkat karena etilen tidak berdifusi keluar dari akar (Smith *et al.*, 2010). Sintesis etilen membutuhkan oksigen, sehingga dapat terjadi dalam keadaan hipoksia dan tidak dapat terjadi dalam kondisi anoksia (Videmsek *et al.*, 2006).

Ketika cekaman terjadi dalam waktu yang berkepanjangan, dapat menyebabkan penghambatan aktivitas fotosintesis pada jaringan mesofil, serta pengurangan aktivitas metabolik dan translokasi fotoasimilasi. Penurunan hasil pada proses fotosintesis pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman mungkin terjadi sangat cepat dan dapat menyebabkan tidak berfungsinya peran fisiologis yang terjadi bersama seperti penghambatan transportasi air dan perubahan keseimbangan hormon. Dalam upaya mempertahankan aktivitas metaboliknya, tumbuhan harus menggunakan cadangan karbohidratnya. Di kebanyakan spesies, suplai karbohidrat awal berkorelasi dengan level tanaman tersebut apakah toleran terhadap keadaan hipoksia atau anoksia, yang mungkin melalui keterlibatannya dalam menyediakan energi selama kondisi anaerob. Tingkat cadangan karbohidrat dapat menjadi faktor penting dalam toleransinya terhadap keadaan genangan jangka panjang. Misalnya peningkatan kapasitas untuk memanfaatkan gula glukosa melalui jalur glikolisis memungkinkan bibit padi untuk bertahan hidup pada waktu yang lebih lama dalam kondisi genangan (Parent *et al.*, 2008).

Meskipun tanaman mungkin memiliki cadangan gula yang tinggi, namun harus tersedia dan mudah dikonversi melalui jalur glikolisis yang efisien. Bahkan ketersediaan proses fotoasimilasi pada keadaan sel anaerob telah diusulkan sebagai salah satu langkah untuk tanaman dapat bertahan hidup di kondisi genangan. Tanah yang tergenang cenderung mengurangi proses translokasi produk fotosintesis dari daun ke akar. Akibatnya, pemeliharaan aktivitas fotosintesis dan akumulasi gula terlarut ke akar merupakan suatu adaptasi yang penting pada tanaman yang tercekam genangan (Parent *et al.*, 2008).

#### **2.2.1.2 Respon Morfologi dan Anatomi Tanaman terhadap Cekaman Genangan**

Adanya lentisel hipertrofi adalah perubahan anatomi umum yang diamati di banyak spesies tanaman berkayu selama tercekam genangan. Pertumbuhan lentisel hipertrofi muncul sebagai pembengkakan jaringan di dasar batang dan diyakini hasil dari pembelahan sel secara radial dan ekspansi (gambar 2.8). Hal ini telah lama dikaitkan dengan hormon auksin (IAA) dan produksi hormon etilen. Pengembangan lentisel hipertrofi diyakini untuk memfasilitasi difusi  $O_2$  serta senyawa yang diproduksi di akar dengan metabolisme anaerobic (etanol,  $CH_4$  dan  $CO_2$ ). Meskipun belum ada penjelasan jelas mengenai peran fisiologis mereka, namun jumlah mereka telah dikaitkan dengan peningkatan toleransi terhadap genangan air. Selain itu lentisel hipertrofi cenderung lebih berkembang di bawah permukaan air yang tidak mendukung peran dari fasilitator  $O_2$  ke akar. Hal ini dimungkinkan bahwa lentisel membantu menjaga tanaman agar tetap dalam keadaan homeostatis selama tergenang air, dengan menggantikan akar yang membusuk dan menyediakan sarana asupan air. Dalam hal tersebut berarti lentisel bersifat permeable terhadap air. Kecenderungannya untuk konduktansi stomata yang kembali menuju tingkat kontrol setelah penurunan, telah dikaitkan dengan perkembangan lentisel tersebut, dan kehadiran lentisel dikaitkan dengan pemeliharaan status air tanaman selama

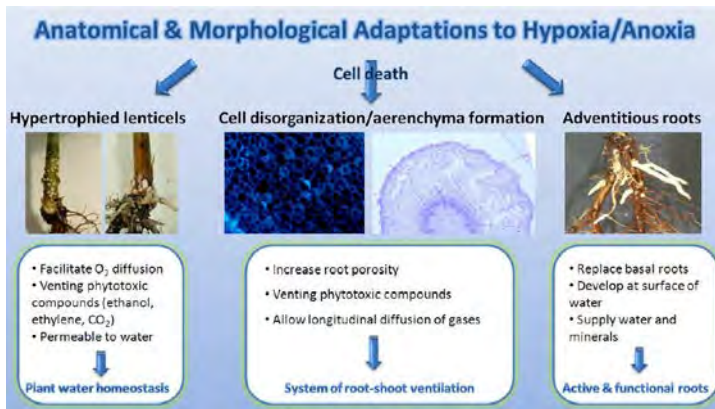
tercekam genangan. Jadi meskipun fungsi lentisel masih belum jelas ditetapkan, tampak bahwa lentisel mungkin memainkan peran penting selama adaptasi terhadap kondisi cekaman genangan di beberapa spesies dengan membantu mempertahankan keadaan homeostatis air pada tanaman (Parent *et al.*, 2008).

Tanaman yang toleran terhadap cekaman genangan menunjukkan adaptasi tertentu, seperti pembentukan aerenkim dan akar adventif (Akhtar & Nazir, 2013). Pengembangan akar adventif yang secara fungsional menggantikan akar basal terjadi ketika tanaman tercekam genangan air (gambar 2.8) (Parent *et al.*, 2008).

Akar adventif terbentuk ketika tanaman merespon keadaan anoksia. Akar adventif ini akan menggantikan akar utama yang rusak ketika berada dalam kondisi anoksia dan akar ini memiliki fungsi yang lebih efektif yaitu sebagai transport oksigen karena adanya perkembangan jaringan aerenkim di dalamnya dan tumbuh di area permukaan tanah yang mana umumnya kadar oksigen masih tinggi. Akar adventif terbentuk karena merupakan suatu bentuk adaptasi di cekaman genangan. Di tanaman bunga matahari, akar adventif terbentuk karena inisiasi dari primordia baru yang diinduksi oleh auksin (Smith *et al.*, 2010).

Pembentukan akar-akar adventif tersebut terjadi ketika sistem akar asli menjadi tidak mampu memasok air dan mineral yang dibutuhkan. Selain itu, kerusakan sistem akar utama dapat dianggap sebagai akibat dari penggunaan energi yang lebih efisien untuk pengembangan sistem akar yang lebih disesuaikan (Parent *et al.*, 2008).

Pada saat tanaman dalam keadaan hipoksia, akar adventif akan terbentuk pada bagian atas akar mendekati permukaan tanah di mana tekanan oksigen tinggi. Akar adventif dapat mengurangi pengaruh buruk genangan dengan memperluas area perakaran ke udara, meningkatkan respirasi aerob, dan meningkatkan oksigen di daerah rizosfer (Hapsari & Adie, 2010).



Gambar 2.8 Respon morfologi dan anatomi tanaman yang tercekam genangan (Sumber : Parent *et al.*, 2008).

Akar adventif biasanya terbentuk di dekat pangkal batang atau di daerah di mana banyak dijumpai lentisel dan pada pertumbuhan lateral, sejajar dengan permukaan tanah dan air. Kehadiran akar adventif mencerminkan pentingnya dalam menggantikan akar utama. Selain itu kemampuan menghasilkan akar adventif umumnya terkait dengan toleransi terhadap cekaman genangan dan terbentuknya akar adventif telah banyak dikaitkan dengan produksi hormon etilen. Baru-baru ini, hormon lain telah diketahui sebagai pemain kunci dalam inisiasi akar adventif tersebut. Data terakhir menunjukkan bahwa produksi NO yang bekerja dengan IAA berfungsi dalam pengendalian pembentukan akar adventif (Parent *et al.*, 2008).

Salah satu respon tanaman yang paling penting ketika tercekam genangan air adalah pengembangan ruang gas kosong (aerenkim) yang terdapat pada bagian korteks akar (gambar 2.8). Perkembangan aerenkim mungkin merupakan respon terhadap tanaman yang toleran genangan dan tidak toleran genangan. Di sisi lain, pembentukan aerenkim merupakan respon adaptif terhadap spesies tanaman yang toleran terhadap genangan air saja, khususnya spesies yang tergolong tanaman berkayu. Peningkatan

porositas aerenkim dapat meningkatkan pertukaran ke arah pucuk akar tanaman dan diproduksinya senyawa fitotoksik di akar seperti metana dan etanol dan/atau meningkatkan difusi longitudinal gas di akar, sehingga dapat meningkatkan proses aerasi dalam akar yang berada di cekaman genangan (Parent *et al.*, 2008).

Pada tanaman yang teradaptasi dan tumbuh di lahan basah, sel-sel akar dipisahkan oleh suatu bulatan, yaitu ruang yang berisi gas yang membentuk suatu jaringan yang disebut aerenkim (Taiz & Zeiger, 2010). Aerenkim adalah jaringan parenkim yang rongga antar selnya besar dan berfungsi sebagai penyimpan udara (Mulyani *dalam* Hapsari & Adie, 2010). Aerenkim adalah jaringan dengan ruang interseluler yang luas untuk pertukaran gas menuju akar yang anaerob (Sairam *et al.*, 2008). Oksigen yang diangkut melalui aerenkim menuju ujung akar tanaman akan keluar melalui pori-pori pada akar menuju tanah di sekelilingnya. Hal ini dapat membentuk zona oksigen pada tanah (oksigenasi daerah rizosfer) yang menyediakan lingkungan aerob untuk mikroorganisme yang dapat mencegah masuknya komponen tanah yang toksik (Sairam *et al.*, 2008).

Pengembangan aerenkim terjadi karena meningkatnya hormon etilen. Saat terjadi genangan, konsentrasi etilen akan meningkat karena etilen tidak berdifusi keluar dari akar (Smith *et al.*, 2010). Sintesis etilen membutuhkan oksigen, sehingga dapat terjadi dalam keadaan hipoksia dan tidak dapat terjadi dalam kondisi anoksia (Videmsek *et al.*, 2006). Etilen memulai dan mengatur beberapa adaptasi molekular, respon kimia, dan morfologi yang memungkinkan tanaman untuk menghindari anaerobiosis dengan meningkatkan ketersediaan oksigen ke akar pada kondisi tanah yang tergenang, seperti pengembangan aerenkim (Sairam *et al.*, 2008).

Pengembangan aerenkim tidak hanya diamati di akar, tetapi juga diamati pada selubung daun setelah terendam air yang membentuk sistem pertukaran interkoneksi ke pucuk akar. Aerenkim meningkatkan porositas jaringan yang dengan sendirinya dapat dimulai sebagai akibat dari perubahan yang

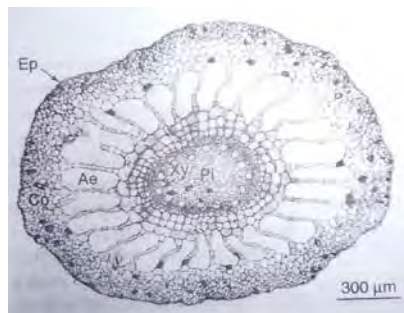
tergantung pada tekanan osmotik dalam sel. Perubahan bentuk sel dan kumpulan aerenkim di korteks akar kebanyakan dikaitkan dengan perubahan bentuk dinding sel karena aktivitas enzim dan dengan suberin deposisi di exodermis (Parent *et al.*, 2008).

Pengembangan exodermis suberin berkorelasi dengan perkembangan aerenkim pada jagung dan berhubungan dengan penurunan konsumsi  $O_2$  di akar. Seperti penghalang yang berada di pinggiran korteks mungkin tidak hanya mengurangi hilangnya  $O_2$  ke rhizosfer tetapi juga dapat melindungi tanaman dari fitotoksin yang dihasilkan oleh mikroorganisme di lingkungan sekitar akar (Parent *et al.*, 2008).

Pengembangan aerenkim telah diteliti selama bertahun-tahun dan sekarang jelas bahwa setidaknya dua jenis proses perkembangan yang terlibat. Yang pertama adalah pengembangan konstitutif aerenkim yang terjadi selama tanaman dalam kondisi tergenang yang terbentuk oleh pemisahan sel selama pengembangan jaringan. Jenis kematian sel yang terjadi melalui pemisahan sel disebut dengan schizogeny (dibentuk oleh pemisahan sel) dan perkembangannya diatur dari rangsangan eksternal. Jenis lain dari proses kematian sel adalah lysogeny (dibentuk oleh sebagian gangguan yang terjadi di korteks), yang menyerupai kematian sel yang terprogram, biasanya diamati selama respon hipersensitif dari interaksi patogen tanaman dan yang baru-baru ini telah teridentifikasi selama cekaman abiotik lainnya. Proses kematian sel yang berlangsung aktif selama pengembangan aerenkim dikendalikan secara genetik dan menunjukkan banyak kesamaan dengan apoptosis, meskipun ada bukti bahwa umunya tidak memiliki beberapa fitur kematian sel apoptosis. Dalam *Sagittaria lancifolia* misalnya, perubahan nucleus (penggumpalan kromatin, fragmentasi, gangguan pada membran nucleus) adalah peristiwa paling awal yang diamati setelah tercekam genangan. Perubahan nucleus ini diikuti oleh membran plasma yang menjadi tidak berfungsi, disintegrasi pada tonoplast, gangguan dan pembengkakan organel, hilangnya komponen sitoplasma dan rusaknya sel. Ini merupakan urutan

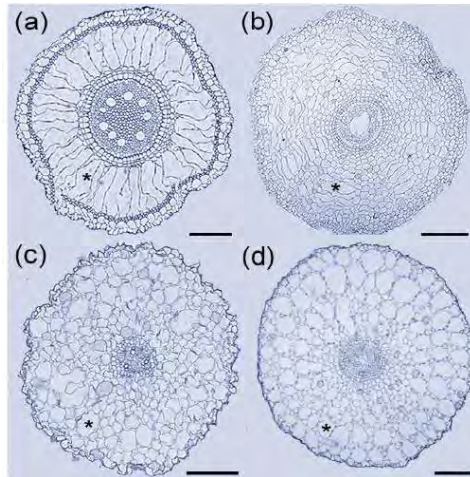
peristiwa yang umum dipelajari bagi kebanyakan spesies, meskipun waktu gangguan tonoplastnya bervariasi (Parent *et al.*, 2008).

Selain itu salah satu bentuk adaptasi penting tanaman yang kadar oksigen di lingkungan tanahnya rendah adalah dengan pengembangan aerenkim di akar (gambar 2.9). Aerenkim terjadi di kebanyakan tanaman yang merupakan suatu jaringan yang terdiri dari ruang yang besar berbentuk gas yang dapat berdifusi. Hal ini terbentuk sebagai bagian dari perkembangan normal pada tanaman lahan basah melalui schizogeni, di mana pertumbuhannya dari pemisahan sel. Di kebanyakan tanaman lahan basah (jagung, barley dan gandum) dan tanaman non-lahan basah lainnya, aerenkim berkembang dari respon terhadap stress yang disebabkan oleh kekurangan oksigen. Hal ini terjadi melalui lisogeni, di mana sel-selnya mati untuk menghasilkan ruang gas. Aerenkim lysogeni merupakan suatu proses kematian sel yang terimplikasi di mana terkait dengan kematian sel yang terprogram (Hodson & Bryant, 2012). Berbagai macam bentuk aerenkim pada berbagai tanaman dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.9 Penampang melintang akar *Pistia stratiotes* yang terdapat aerenkim. Epidermis (Ep), Aerenkim (Ae), Korteks (Co), Xylem (Xy), Pith (Pi). (Sumber : Hodson & Bryant, 2012).





Gambar 2.10 Penampang melintang akar tanaman yang terdapat aerenkim (Tanda bintang [\*] : Aerenkim). (a). graminaceous : *Paspalum dilatatum*, (b). cyperaceous : *Cyperus eragrostis* Lam, (c). *Apium* tipe *Lotus tenuis* Waldst, & Kit., (d). *Rumex* tipe *Rumex crispus* L.  
(Sumber : Striker & Mworio, 2012).

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di *Green House* Urban Farming ITS dan laboratorium Botani jurusan Biologi FMIPA ITS pada bulan Maret sampai Mei 2015.

### **3.2 Cara Kerja**

#### **3.2.1 Persiapan Media Tanam**

Media tanam yang digunakan untuk perlakuan cekaman genangan merupakan tanah yang diberi penambahan kompos dengan perbandingan 1:1. Media tanam yang digunakan sebanyak 1 kg, kemudian dimasukkan dalam *polybag* buntu. Selanjutnya ditambahkan pupuk NPK sebanyak 1 gram (Nursolehudin, 2011).

#### **3.2.2 Pengukuran Kapasitas Lapang**

Pengukuran kapasitas lapang digunakan untuk menentukan volume pemberian air untuk perlakuan cekaman genangan yaitu dilakukan dengan cara media tanam dalam *polybag* disiram dengan air sampai menetes (jenuh) kemudian didiamkan selama 3 hari sampai tidak ada air yang menetes. Selanjutnya, media tanam ditimbang berat basah dan berat keringnya. Berat basah ditimbang setelah tidak ada air yang menetes dari dalam *polybag*. Berat kering ditimbang setelah media tanam dioven pada suhu 100°C selama 24 jam sampai diperoleh berat konstan. Kapasitas lapang dihitung dengan rumus:

$$W = \frac{Tb - Tk}{Tk} \times 100\%$$

Keterangan :

W = Kapasitas Lapang

Tb = Berat Basah Media Tanam

Tk = Berat Kering Media Tanam

(Hendriyani & Setiari, 2009).

### **3.2.3 Persiapan dan Penanaman Bibit Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.)**

Bibit tanaman tembakau yang akan digunakan untuk seleksi terhadap cekaman genangan awalnya berupa benih. Dari benih dilakukan perkecambahan dengan cara disemai pada *polybag* kecil yang terdiri dari media tanam yang dilakukan selama 4 minggu, ditempatkan di *green house* dan diberi kebutuhan air yang cukup (Hurng *et al.*, 1994). Pada usia 4 minggu setelah perkecambahan, kecambah dipindahkan ke dalam *polybag* buntu berisi media tanam yang terdiri dari tanah dan kompos dengan perbandingan 1:1 (berat media tanam sebesar 1 kg) yang telah ditambahkan pupuk NPK sebanyak 1 gram (Nursolehudin, 2011). Kemudian dilakukan penanaman selama 40 hari (Hurng *et al.*, 1994).

### **3.2.4 Perlakuan Cekaman Genangan**

Bibit tembakau yang siap digunakan untuk perlakuan cekaman genangan merupakan bibit tembakau yang telah berusia 40 hari setelah masa penanaman (Hurng *et al.*, 1994). Kemudian dilakukan perlakuan cekaman genangan dengan perbedaan tinggi genangan yaitu kontrol (0% di atas kapasitas lapang), 50% di atas kapasitas lapang, 75% di atas kapasitas lapang dan 100% di atas kapasitas lapang. Cekaman genangan dilakukan selama 10 hari. Dijaga tinggi genangan air selama periode 10 hari masa cekaman. Dari masing-masing perlakuan tinggi genangan air dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

### **3.2.5 Pengamatan Morfologi**

Pengamatan morfologi dilakukan dengan cara pengukuran pertumbuhan tanaman tembakau meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah daun, luas daun (cm), berat kering akar dan tajuk (gr), rasio tajuk akar (gr), panjang akar (cm) dan jumlah akar adventif.

- a. Tinggi tanaman (cm) diukur dari pangkal batang sampai ujung daun (pucuk) (Hendriyani & Setiari, 2009).
- b. Jumlah daun dihitung dari semua daun yang telah membuka sempurna (Suhartono *et al.*, 2008).
- c. Luas daun dihitung dengan cara mengukur panjang dan lebar daun kemudian dipetakan di atas kertas millimeter. Data luas daun diambil dari ukuran daun yang paling besar  $\pm 3$  daun kemudian dirata-rata (Nugroho & Yuliasmara, 2012).
- d. Pengukuran panjang akar dilakukan setelah akar dibersihkan dari media tanam dengan cara merendam bagian akar berikut tanah kedalam bak air. Setelah tanah terlepas, bagian akar diangkat lalu ditiriskan dan diukur struktur panjang akar mulai dari ujung akar sampai pangkal akar (Herdiawan *et al.*, 2012).
- e. Pengukuran berat kering akar dilakukan setelah akar dibersihkan dari media tanam dengan cara merendam bagian akar berikut dengan tanah kedalam bak air (Herdiawan *et al.*, 2012). Untuk menghitung berat kering akar, terlebih dahulu akar dikeringkan dalam oven dengan temperatur 80°C sampai mencapai berat konstan. Akar yang telah kering kemudian ditimbang untuk mengetahui biomassa akarnya (Rachmawati & Retnaningrum, 2013).
- f. Pengukuran berat kering tajuk adalah dengan cara memotong bagian tanaman 10 cm di atas permukaan tanah pada akhir penelitian (Herdiawan *et al.*, 2012). Kemudian tajuk dikeringkan dalam oven dengan temperatur 80°C sampai mencapai berat konstan, selanjutnya ditimbang untuk mengetahui biomassa tajuk (Rachmawati & Retnaningrum, 2013).
- g. Pengukuran rasio tajuk akar adalah dengan cara berat kering tajuk dibagi dengan berat kering akar (Firdaus *et al.*, 2013).
- h. Sedangkan jumlah akar adventif dihitung dengan cara menjumlahkan akar adventif yang muncul dari akar

utama yang berdekatan dengan pangkal batang yang lokasinya berada di atas permukaan tanah yang tergenang air (Chen *et al.*, 2002). Akar adventif biasanya terbentuk di dekat pangkal batang dan pada pertumbuhan lateral yang sejajar dengan permukaan tanah dan air (Parent *et al.*, 2008).

### **3.2.6 Pengamatan Anatomi**

#### **3.2.6.1 Pengamatan Jumlah Stomata Daun**

Untuk pengamatan jumlah stomata daun diambil dari bagian abaxial daun tembakau. Pengamatan jumlah stomata menggunakan metode sayatan paradermal daun. Metode sayatan paradermal daun dibuat dengan cara mengelupaskan bagian epidermis dengan silet kemudian ditarik bagian yang terkelupas tersebut. Sayatan tersebut diletakkan di kaca objek yang telah ditetesi akuades dan diberi pewarnaan safranin 1%. Kemudian ditutup dengan kaca penutup. Preparat kemudian diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 400x (Cutler *et al.*, 2007).

#### **3.2.6.2 Pengamatan Aerenkim**

Pengamatan aerenkim dilakukan pada bagian akar adventif tanaman tembakau. Bagian akar adventif dari tanaman tembakau dipotong secara melintang. Potongan melintang kemudian diletakkan di kaca objek dan ditetesi dengan pewarna safranin yang kemudian ditutup dengan kaca penutup. Preparat kemudian diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 100x (Shimamura *et al.*, 2007).

### **3.2.7 Penentuan Indeks Sensitivitas Tanaman**

Indeks sensitivitas diukur terhadap berat kering tanaman. Indeks sensitivitas cekaman genangan (S) dihitung mengikuti persamaan Fischer & Maurer (1978) dalam Suwarti *et al.*, (2013) yaitu :

$$S = (1 - Y_p/Y) / (1 - X_p/X)$$

Dimana :

S = Indeks sensitivitas cekaman genangan

$Y_p$  = rata-rata nilai suatu varietas yang tercekam genangan

$Y$  = rata-rata nilai suatu varietas yang tidak tercekam genangan

$X_p$  = rata-rata dari seluruh varietas yang tercekam genangan

$X$  = rata-rata dari seluruh varietas yang tidak tercekam genangan

Kriteria untuk menentukan tingkat toleran genangan adalah :

$S < 0,5$  = Toleran (T)

$0,5 < S < 1,0$  = Medium Toleran (MT)

$S > 1,0$  = Peka/Sensitif (S)

### 3.2.8 Rancangan Penelitian dan Analisis Data

#### 3.2.8.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial yang terdiri dari dua faktor. Faktorial pertama adalah 5 varietas tanaman tembakau yang terdiri dari Kasturi 1 (B1), Kemloko 2 (B2), Kemloko 3 (B3), Paiton 2 (B4), dan Prancak N-1 (B5). Sedangkan faktorial kedua yaitu tinggi genangan air untuk cekaman genangan yang terdiri dari 4 level yaitu 0% (kontrol) (G0), 50% (G1), 75% (G2) dan 100% (G3) di atas kapasitas lapang. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Di bawah ini merupakan tabel rancangan penelitiannya :

Tabel 3.1 Tabel Rancangan Penelitian

Varietas (B)	Perlakuan Persentase Tinggi Genangan (G)			
	G0	G1	G2	G3
B1	B1G0	B1G1	B1G2	B1G3
B2	B2G0	B2G1	B2G2	B2G3
B3	B3G0	B3G1	B3G2	B3G3
B4	B4G0	B4G1	B4G2	B4G3
B5	B5G0	B5G1	B5G2	B5G3

Keterangan :

B1 = varietas Kasturi 1

B2 = varietas Kemloko 2

B3 = varietas Kemloko 3

B4 = varietas Paiton 2

B5 = varietas Prancak N-1

G0 = 0% di atas kapasitas lapang (kontrol)

G1 = 50% di atas kapasitas lapang

G2 = 75% di atas kapasitas lapang

G3 = 100% di atas kapasitas lapang

B1G0 = varietas Kasturi 1 dengan perlakuan kontrol

B2G0 = varietas Kemloko 2 dengan perlakuan kontrol

B3G0 = varietas Kemloko 3 dengan perlakuan kontrol

B4G0 = varietas Paiton 2 dengan perlakuan kontrol

B5G0 = varietas Prancak N-1 dengan perlakuan kontrol

B1G1 = varietas Kasturi 1 dengan perlakuan cekaman genangan 50% di atas kapasitas lapang

B2G1 = varietas Kemloko 2 dengan perlakuan cekaman genangan 50% di atas kapasitas lapang

B3G1 = varietas Kemloko 3 dengan perlakuan cekaman genangan 50% di atas kapasitas lapang

B4G1 = varietas Paiton 2 dengan perlakuan cekaman genangan 50% di atas kapasitas lapang

B5G1 = varietas Prancak N-1 dengan perlakuan cekaman genangan 50% di atas kapasitas lapang

B1G2 = varietas Kasturi 1 dengan perlakuan cekaman genangan 75% di atas kapasitas lapang

B2G2 = varietas Kemloko 2 dengan perlakuan cekaman genangan 75% di atas kapasitas lapang

B3G2 = varietas Kemloko 3 dengan perlakuan cekaman genangan 75% di atas kapasitas lapang

B4G2 = varietas Paiton 2 dengan perlakuan cekaman genangan 75% di atas kapasitas lapang

B5G2 = varietas Prancak N-1 dengan perlakuan cekaman genangan 75% di atas kapasitas lapang

B1G3 = varietas Kasturi 1 dengan perlakuan cekaman genangan 100% di atas kapasitas lapang



- B2G3 = varietas Kemloko 2 dengan perlakuan cekaman genangan 100% di atas kapasitas lapang  
 B3G3 = varietas Kemloko 3 dengan perlakuan cekaman genangan 100% di atas kapasitas lapang  
 B4G3 = varietas Paiton 2 dengan perlakuan cekaman genangan 100% di atas kapasitas lapang  
 B5G3 = varietas Prancak N-1 dengan perlakuan cekaman genangan 100% di atas kapasitas lapang

### 3.2.8.2 Analisis Data

Data pengamatan yang meliputi tinggi tanaman (cm), berat kering akar dan tajuk (gr), jumlah daun, luas daun (cm<sup>2</sup>), panjang akar (cm), jumlah akar adventif dan jumlah stomata dianalisis dengan menggunakan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) *two way's* untuk mengetahui pengaruh faktor varietas tanaman tembakau, perlakuan tinggi genangan air dan interaksi antara varietas tanaman tembakau dengan perlakuan tinggi genangan air untuk cekaman genangan terhadap karakter morfologi dan anatomi tanaman tembakau dengan hipotesa :

- (H0) : Tidak ada pengaruh faktor varietas tanaman tembakau, perlakuan tinggi genangan air dan interaksi antara varietas tanaman tembakau dengan perlakuan tinggi genangan air untuk cekaman genangan terhadap karakter morfologi dan anatomi tanaman tembakau  
 (H1) : Ada pengaruh faktor varietas tanaman tembakau, perlakuan tinggi genangan air dan interaksi antara varietas tanaman tembakau dengan perlakuan tinggi genangan air untuk cekaman genangan terhadap karakter morfologi dan anatomi tanaman tembakau.

Jika H1 diterima, maka dilanjutkan dengan uji *Tukey* untuk mengetahui perbedaan nyata antara faktor varietas tanaman tembakau, perlakuan tinggi genangan air dan interaksi antara varietas tanaman tembakau dengan perlakuan tinggi genangan air untuk cekaman genangan.

Sedangkan data pengamatan jaringan aerenkim dianalisis secara deskriptif.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengaruh Genangan Air Terhadap Morfologi Beberapa Varietas Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.)**

##### **4.1.1 Tinggi tanaman**

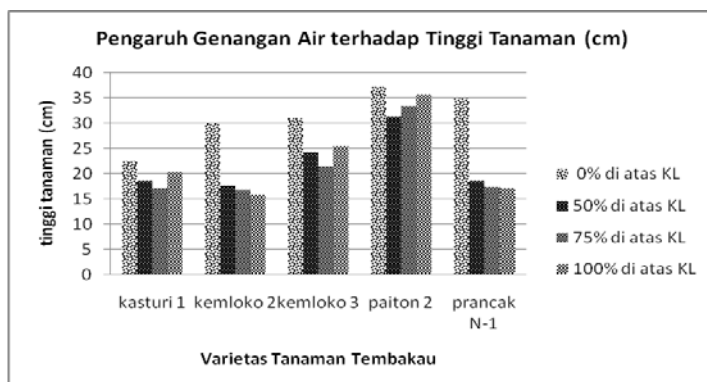
Tinggi tanaman merupakan suatu ukuran yang sering diamati sebagai indikator pertumbuhan maupun sebagai parameter yang digunakan untuk mengukur pengaruh jenis perlakuan serta sebagai ciri yang menentukan produksi tanaman dan erat hubungannya dengan proses fotosintesis (Gardner *et al.*, 1991).

Berdasarkan hasil *ANOVA Two Way* (Lampiran 10), diketahui bahwa interaksi faktor varietas dan cekaman genangan tidak mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman dengan nilai  $p = 0,064$  ( $p > 0,05$ ), namun faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman adalah varietas tanaman tembakau dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ) dan perlakuan cekaman genangan dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $p$  kurang dari nilai 0,05 menunjukkan bahwa hipotesa  $H_0$  ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada tinggi tanaman kelima varietas tembakau tersebut.

Tabel 4.1. Rata-rata hasil pengamatan tinggi tanaman pada kelima varietas tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Pengaruh Genangan Air terhadap Tinggi Tanaman (cm)				
Varietas	Tinggi Tanaman (cm) $\pm$ SE (Standard Error)			
	Genangan 0% di atas KL	Genangan 50% di atas KL	Genangan 75% di atas KL	Genangan 100% di atas KL
Kasturi 1	22,4 $\pm$ 0,89 cd	18,5 $\pm$ 0,77 ce	17 $\pm$ 0,75 ce	20,2 $\pm$ 0,76ce
Kemloko 2	29,8 $\pm$ 1,29 cd	17,5 $\pm$ 1,04 ce	16,6 $\pm$ 1,12 ce	15,6 $\pm$ 0,87 ce
Kemloko 3	30,8 $\pm$ 1,44 bd	24,2 $\pm$ 1,38 be	21,3 $\pm$ 1,43 be	25,3 $\pm$ 1,05 be
Paiton 2	37 $\pm$ 1,01 ad	31,1 $\pm$ 1,09 ae	33,2 $\pm$ 0,64 ae	35,5 $\pm$ 1,01 ae
Prancak N-1	34,8 $\pm$ 1,63 bcd	18,5 $\pm$ 1,30 bce	17,1 $\pm$ 0,63 bce	17 $\pm$ 0,81 bce

Keterangan : (KL = Kapasitas Lapang). Angka dibelakang tanda  $\pm$  merupakan Standard Error (SE). Notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perbaris menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara faktor varietas terhadap tinggi tanaman. Sedangkan notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perkolom menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara cekaman genangan terhadap tinggi tanaman.



Gambar 4.1 Tinggi tanaman pada kelima varietas tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Berdasarkan Tabel 4.1, Gambar 4.1, dan Lampiran 10 menunjukkan bahwa cekaman genangan air mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman pada kelima varietas tanaman tembakau. Pertumbuhan tinggi tanaman tembakau cenderung menurun saat diberi perlakuan cekaman genangan. Hal ini berarti dengan adanya cekaman genangan air dapat mengurangi pertumbuhan tinggi tanaman. Tanaman yang tercekam genangan air akan memiliki jumlah pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih rendah daripada tanaman yang tidak diberi cekaman, hal tersebut diduga karena adanya hubungan antara cekaman genangan dan hormon etilen. Pada tanaman yang berada di kondisi cekaman genangan, sintesis hormon etilen akan meningkat. Hormon etilen itu sendiri merupakan inhibitor dari sintesis hormon auksin dan sitokinin. Fungsi hormon auksin yaitu untuk proses pemanjangan meristem apikal, sedangkan hormon sitokinin berfungsi dalam hal pembelahan sel. Dengan dihambatnya sintesis hormon auksin dan sitokinin oleh adanya sintesis hormon etilen yang meningkat, menyebabkan proses pemanjangan sel dan pembelahan sel menjadi terhambat. Oleh sebab itulah dengan adanya kondisi cekaman genangan dapat menyebabkan penghambatan pertumbuhan tinggi tanaman. Mekanisme disintesisnya hormon etilen yaitu dengan cara sebagai berikut. Pada kondisi cekaman genangan air, terjadi sintesis 1-aminocyclopropane 1-asam karboksilat (ACC) di akar dan ACC tersebut akan berdifusi secara cepat menuju batang dan daun. Setelah berada di daun, ACC dirubah oleh ACC oksidase menjadi etilen. Etilen inilah yang menyebabkan penghambatan pertumbuhan batang (tinggi tanaman) karena etilen merupakan inhibitor dari sintesis hormon auksin dan sitokinin (Shiu *et al.*, 1998). Selain itu menurut Jordan & Casaretto (2006) dalam Aldana *et al.* (2014), juga disebutkan bahwa tanaman yang tercekam genangan air akan memiliki jumlah pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih rendah daripada tanaman yang tidak diberi cekaman karena pengaruh hormon ABA (asam absisat). Pada kondisi cekaman genangan air hipoksia

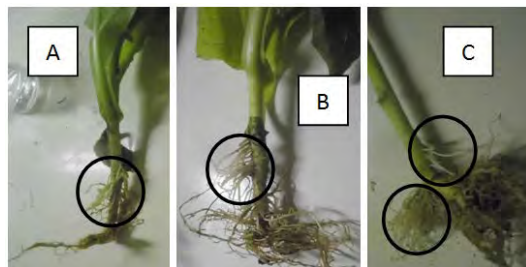
(oksigen sedikit), sintesis ABA akan meningkat. ABA inilah yang mampu menghambat pemanjangan batang (tinggi tanaman).

Di sisi lain, adanya genangan air dapat mengurangi penyerapan nutrisi seperti N, P dan K (Kozlowski & Pallardy, 1997 *dalam* Aldana *et al.*, 2014) yang mana salah satu defisiensi N memiliki efek terbesar pada pertumbuhan pemanjangan batang (Martinez *et al.*, 2009 *dalam* Aldana *et al.*, 2014). Selain itu menurut pendapat Savita *et al.* (2004), juga disebutkan bahwa tanaman yang tercekam genangan air, akar dari tanaman tersebut akan berinteraksi langsung dengan air dan dengan meningkatnya level air maka akan mengganggu kerja dari sistem akar yang pada akhirnya akan menekan pertumbuhan tinggi tanaman. Oleh karena itu tanaman yang tercekam genangan air akan memiliki jumlah pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih kecil daripada tanaman kontrol (tidak tercekam genangan air).

Cekaman genangan dapat mengakibatkan kondisi hipoksia dan anoksia yang dapat menghambat respirasi perakaran tanaman, sehingga mengubah lintasan respirasi menjadi lintasan anaerob/fermentasi. Pada jalur fermentasi terjadi konversi ADP menjadi ATP, sehingga lintasan fermentasi kurang efisien bila dibanding dengan respirasi aerob. Dengan ketersediaan energi metabolik yang terbatas ini maka akan menghambat beberapa proses pada tanaman seperti pembelahan sel, serapan air dan unsur hara serta berbagai proses metabolisme lainnya sehingga dapat menekan pertumbuhan tinggi tanaman (Nurbaiti *et al.*, 2012).

Berdasarkan gambar 4.1, dapat diketahui bahwa pertumbuhan tinggi tanaman tembakau varietas Kasturi 1, Kemloko 3 dan Paiton 2 pada cekaman 100% genangan air di atas kapasitas lapang lebih tinggi dibanding dengan cekaman 50% dan 75% genangan air di atas kapasitas lapang. Hal ini terjadi karena pada cekaman 100% di atas kapasitas lapang, akar adventif yang terbentuk lebih banyak dibanding pada cekaman 50% dan 75% di atas kapasitas lapang (gambar 4.2), sehingga penyerapan air dan unsur hara berjalan dengan lebih baik dan dapat meningkatkan

suplai hasil fotosintesis. Suplai hasil fotosintesis akan dialokasikan untuk pertumbuhan vegetatif tanaman seperti akar, batang dan daun. Dengan meningkatnya suplai hasil fotosintesis maka alokasi hasil fotosintat ke bagian vegetatif tanaman khususnya batang juga akan meningkat yang dapat menyebabkan pertumbuhan tinggi tanaman (Nurbaiti *et al.*, 2012). Karena akar adventif itu sendiri merupakan pengganti akar asli yang telah rusak dan memiliki kemampuan dan fungsi yang sama. Akar adventif dapat mengurangi pengaruh buruk genangan dengan memperluas area perakaran ke udara, meningkatkan respirasi aerob dan meningkatkan oksigen di daerah rhizosfer (Hapsari & Adie, 2010).



Gambar 4.2 Akar adventif yang terbentuk pada tanaman tembakau dengan cekaman genangan 100% di atas kapasitas lapang

Keterangan gambar : (A). varietas Kasturi 1, (B). varietas Kemloko 3, (C). varietas Paiton 2

Berdasarkan gambar 4.1 juga dapat diketahui bahwa varietas Paiton 2 memiliki pertumbuhan tinggi tanaman yang paling tinggi dibanding varietas lain. Hal ini dikarenakan varietas Paiton 2 memiliki habitat asli di lahan sawah, sehingga varietas Paiton 2 memiliki ketahanan yang tinggi apabila berada pada lokasi yang tercekam genangan. Oleh sebab itulah varietas Paiton 2 memiliki pertumbuhan tinggi tanaman yang paling tinggi daripada varietas yang lain. Hal ini sesuai dengan data yang disampaikan oleh Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat

(2012), yang mengatakan bahwa habitat yang sesuai untuk varietas Paiton 2 adalah di lahan sawah. Sedangkan varietas Kasturi 1 memiliki pertumbuhan tinggi tanaman yang paling rendah dibanding varietas yang lain. Hal ini dikarenakan habitat asli varietas Kasturi 1 adalah di lahan tegal, sehingga apabila varietas Kasturi 1 ini berada pada kondisi cekaman genangan menyebabkan pertumbuhannya terganggu yang berujung pada pertumbuhan tinggi tanaman yang rendah. Hal ini sesuai dengan data yang disampaikan oleh Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (2007), yang mengatakan bahwa habitat yang sesuai untuk varietas Kasturi 1 adalah di lahan tegal.

#### **4.1.2 Jumlah daun**

Daun bagi tanaman merupakan organ fotosintesis yang menangkap energi cahaya dan digunakan untuk mendorong terjadinya reaksi kimia yang sangat penting bagi kehidupan tanaman (Taiz & Zeiger, 2010).

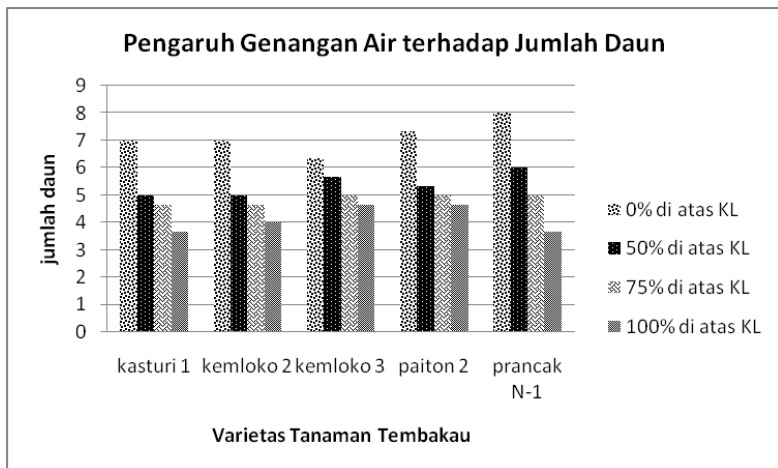
Berdasarkan hasil *ANOVA Two Way* (Lampiran 11), diketahui bahwa interaksi faktor varietas dan cekaman genangan tidak mempengaruhi jumlah daun dengan nilai  $p = 0,824$  ( $p > 0,05$ ), namun faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman adalah perlakuan cekaman genangan dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $p$  kurang dari nilai 0,05 menunjukkan bahwa hipotesa  $H_0$  ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada jumlah daun kelima varietas tembakau tersebut.



Tabel 4.2. Rata-rata hasil pengamatan jumlah daun pada kelima varietas tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Pengaruh Genangan Air terhadap Jumlah Daun				
Varietas	Jumlah daun $\pm$ SE (Standard Error)			
	Genangan 0% di atas KL	Genangan 50% di atas KL	Genangan 75% di atas KL	Genangan 100% di atas KL
Kasturi 1	7 $\pm$ 0 ab	5 $\pm$ 0,57 ac	4,6 $\pm$ 0,48 acd	3,6 $\pm$ 0,43 ad
Kemloko 2	7 $\pm$ 0,57 ab	5 $\pm$ 0,57 ac	4,6 $\pm$ 0,43 acd	4 $\pm$ 0,57 ad
Kemloko 3	6,3 $\pm$ 0,43 ab	5,6 $\pm$ 0,71 ac	5 $\pm$ 0,57 acd	4,6 $\pm$ 0,71 ad
Paiton 2	7,3 $\pm$ 0,71 ab	5,3 $\pm$ 0,43 ac	5 $\pm$ 0,57 acd	4,6 $\pm$ 0,62 ad
Prancak N-1	8 $\pm$ 0,57 ab	6 $\pm$ 0,57 ac	5 $\pm$ 0,57 acd	3,6 $\pm$ 0,43 ad

Keterangan : (KL = Kapasitas Lapang). Angka dibelakang tanda  $\pm$  merupakan Standard Error (SE). Notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perbaris menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara faktor varietas terhadap jumlah daun. Sedangkan notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perkolom menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara cekaman genangan terhadap jumlah daun.

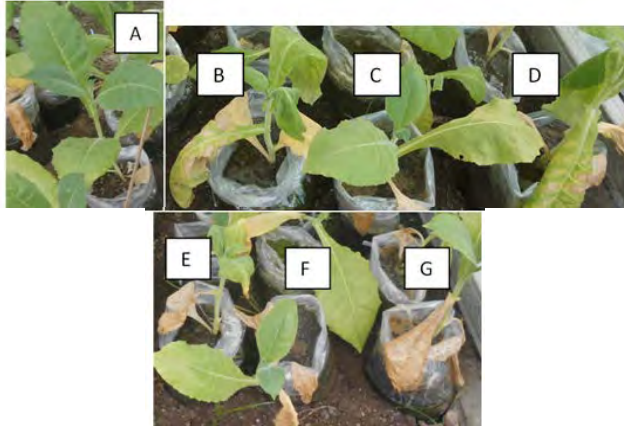


Gambar 4.3 Jumlah daun pada kelima varietas tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Berdasarkan Tabel 4.2, Gambar 4.3, dan Lampiran 11 menunjukkan bahwa cekaman genangan air mempengaruhi jumlah daun pada kelima varietas tanaman tembakau. Jumlah daun pada kelima varietas tanaman tembakau cenderung menurun saat diberi perlakuan cekaman genangan. Hal ini sesuai dengan pendapat Dong *et al.* (1983), yang disebutkan bahwa dengan meningkatnya jumlah air (tercekam genangan) maka dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman yang pada akhirnya dapat mengurangi jumlah daun. Semakin tinggi genangan air maka jumlah daun semakin sedikit.

Berdasarkan gambar 4.3 dapat dilihat bahwa tanaman tembakau yang diberi perlakuan cekaman genangan menunjukkan jumlah daun yang lebih sedikit daripada tanaman tembakau kontrol. Hal ini berarti dengan adanya cekaman genangan air dapat menyebabkan berkurangnya jumlah daun dan terdapat beberapa daun yang menguning dan mati (gambar 4.4). Hal ini terjadi karena genangan mengakibatkan kurangnya oksigen pada akar dan menyebabkan penyerapan air dan unsur hara terhambat, sehingga menghambat pembelahan sel dan proses pembentukan daun. Hal ini sesuai dengan pendapat Kozlowski & Pallardy (1997), yang disebutkan bahwa cekaman genangan dapat menekan pertumbuhan tunas tanaman karena sintesis etilen yang meningkat. Hormon etilen merupakan inhibitor hormon auksin dan sitokinin yang berfungsi dalam pemanjangan meristem apikal dan pembelahan sel. Dengan terhambatnya sintesis auksin dan sitokinin inilah yang dapat menekan pertumbuhan tunas tanaman. Tunas tanaman merupakan tempat duduk daun. Dengan terhambatnya pembentukan tunas tanaman menyebabkan pembentukan daun juga terhambat. Oleh sebab itulah tanaman yang tercekam genangan air memiliki jumlah daun yang lebih sedikit daripada tanaman yang tidak tercekam genangan air (kontrol). Selain itu menurut Dong *et al.* (1983), juga disebutkan bahwa tanaman yang tercekam genangan air akan mensintesis etilen yang lebih banyak, etilen yang meningkat ini dapat

menyebabkan penuaan yang berujung pada pengguguran daun, yang terjadi dengan adanya klorosis pada beberapa daun seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Daun tanaman tembakau yang menguning dan mati  
Keterangan gambar : A,B,C,D,E,F,G merupakan tembakau varietas Paiton 2. A,B,C,D setelah perlakuan H+5 cekaman. E,F,G setelah perlakuan H+8 cekaman. (A). Kontrol, (B dan E). 50% genangan air, (C dan F). 75% genangan air, (D dan G). 100% genangan air.

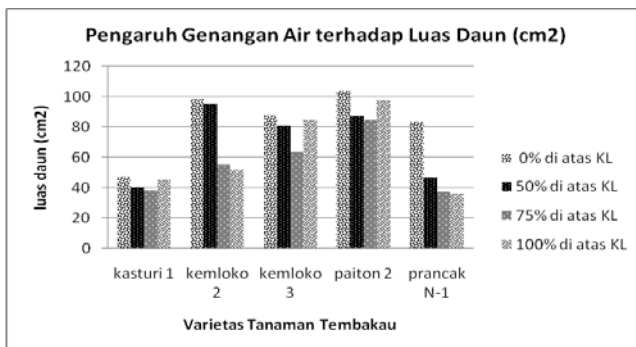
#### 4.1.3 Luas daun

Berdasarkan hasil *ANOVA Two Way* (Lampiran 12), diketahui bahwa interaksi faktor varietas dan cekaman genangan tidak mempengaruhi luas daun dengan nilai  $p = 0,061$  ( $p > 0,05$ ), namun faktor yang berpengaruh terhadap luas daun adalah varietas tanaman tembakau dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ) dan perlakuan cekaman genangan dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $p$  kurang dari nilai 0,05 menunjukkan bahwa hipotesa  $H_0$  ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada luas daun kelima varietas tembakau tersebut.

Tabel 4.3. Rata-rata hasil pengamatan luas daun pada kelima varietas tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Pengaruh Genangan Air terhadap Luas Daun (cm <sup>2</sup> )				
Varietas	Luas Daun (cm <sup>2</sup> ) ± SE (Standard Error)			
	Genangan 0% di atas KL	Genangan 50% di atas KL	Genangan 75% di atas KL	Genangan 100% di atas KL
Kasturi 1	47,3±1,31 cd	40,1±1,10 cde	38 ± 1,88 ce	45,3 ± 2,14 ce
Kemloko 2	98,4±1,66 bd	95,1±2,05 bde	55,2 ± 2,68 be	51,8 ± 2,39 be
Kemloko 3	87,5±2,25 abd	81,1 ± 2,51 abde	63,6 ± 2,89 abe	84,6 ± 1,70 abe
Paiton 2	103,8 ± 2,19 ad	87 ± 2,57 ade	84,7 ± 1,93 ae	97,5 ± 2,07 ae
Prancak N-1	83,6±2,55 cd	46,6±2,51 cde	37,1±2,13 ce	36,4 ± 2,33 ce

Keterangan : (KL = Kapasitas Lapang). Angka dibelakang tanda ± merupakan Standard Error (SE). Notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perbaris menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p<0,05$ ) antara faktor varietas terhadap luas daun. Sedangkan notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perkolom menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p<0,05$ ) antara cekaman genangan terhadap luas daun.



Gambar 4.5 Luas daun pada kelima varietas tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Berdasarkan Tabel 4.3, Gambar 4.5, dan Lampiran 12 menunjukkan bahwa cekaman genangan air mempengaruhi pertumbuhan luas daun pada kelima varietas tanaman tembakau. Pertumbuhan luas daun kelima varietas tanaman tembakau cenderung menurun saat diberi perlakuan cekaman genangan. Dengan adanya cekaman genangan berarti kondisi air di lingkungan perakaran menjadi jenuh. Karena banyaknya air pada lingkungan perakaran menyebabkan kondisi hipoksia ataupun anoksia. Kondisi hipoksia atau anoksia yang terjadi di daerah perakaran menyebabkan terhambatnya kemampuan akar untuk menyerap air dan unsur hara seperti N, P, dan K. Salah satu manfaat unsur N bagi tanaman itu sendiri sebagai pembentukan klorofil pada daun. Dengan adanya klorofil dapat berlangsung proses fotosintesis. Hasil dari proses fotosintesis itu sendiri bisa menyebabkan perluasan daun. Jadi apabila penyerapan unsur N tanaman terganggu karena rusaknya jaringan akar, maka proses fotosintesis juga akar terganggu. Apabila proses fotosintesis terganggu maka juga akan menyebabkan perluasan daun terhambat karena hasil dari proses fotosintesis itu sendiri salah satunya bisa untuk perluasan daun. Hal ini sesuai dengan pendapat Savita *et al.* (2004), yang menyebutkan bahwa dengan adanya cekaman genangan maka akan menurunkan pertumbuhan luas daun dikarenakan kemampuan akar untuk menyerap air dan unsur hara menjadi terhambat akibat kondisi hipoksia atau anoksia sehingga pertumbuhan luas daun menjadi berkurang dibanding dengan tanaman yang tidak tercekam genangan air.

Namun pada varietas Kasturi 1, Kemloko 3 dan Paiton 2, luas daun mengalami peningkatan pada cekaman 100% di atas kapasitas lapang. Hal ini terjadi karena pada cekaman yang lebih tinggi terbentuk akar adventif yang lebih banyak (gambar 4.2) sehingga penyerapan air dan unsur hara berjalan dengan lebih baik dan dapat meningkatkan suplai hasil fotosintesis yang mendukung pertumbuhan luas daun. Karena akar adventif itu sendiri merupakan pengganti akar asli yang telah rusak dan

memiliki kemampuan dan fungsi yang sama. Akar adventif dapat mengurangi pengaruh buruk genangan dengan memperluas area perakaran ke udara, meningkatkan respirasi aerob dan meningkatkan oksigen di daerah rhizosfer (Hapsari & Adie, 2010).

#### **4.1.4 Panjang Akar**

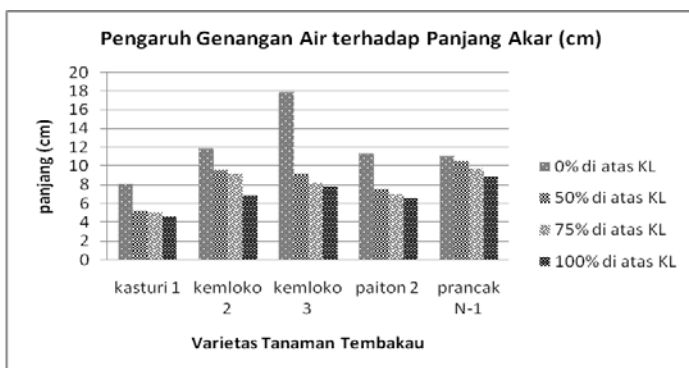
Panjang akar merupakan hasil perpanjangan sel-sel di belakang meristem ujung, sedangkan lebar yang lebih daripada pembesaran sel-sel ujung merupakan hasil dari meristem lateral atau pembentukan kambium, yang memulai pertumbuhan sekunder dari meristem kambium (Gardner *et al.*, 1991).

Berdasarkan hasil *ANOVA Two Way* (Lampiran 13), diketahui bahwa interaksi faktor varietas dan cekaman genangan tidak mempengaruhi panjang akar dengan nilai  $p = 0,591$  ( $p > 0,05$ ), namun faktor yang berpengaruh terhadap panjang akar adalah varietas tanaman tembakau dengan nilai  $p = 0,002$  ( $p < 0,05$ ) dan perlakuan cekaman genangan dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $p$  kurang dari nilai 0,05 menunjukkan bahwa hipotesa  $H_0$  ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada panjang akar kelima varietas tembakau tersebut.

Tabel 4.4. Rata-rata hasil pengamatan panjang akar pada kelima varietas tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

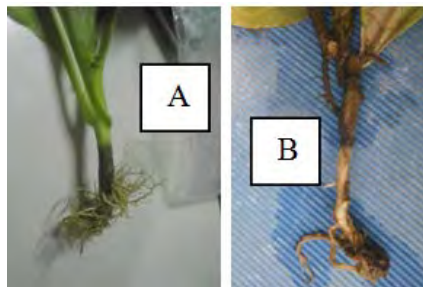
Pengaruh Genangan Air terhadap Panjang Akar (cm)				
Varietas	Panjang Akar (cm) $\pm$ SE (Standard Error)			
	Genangan 0% di atas KL	Genangan 50% di atas KL	Genangan 75% di atas KL	Genangan 100% di atas KL
Kasturi 1	8,06 $\pm$ 0,93 bc	5,2 $\pm$ 0,71 bd	5 $\pm$ 0,57 bd	4,6 $\pm$ 0,48 bd
Kemloko 2	11,8 $\pm$ 1,31 ac	9,5 $\pm$ 0,53 ad	9,16 $\pm$ 0,31 ad	6,83 $\pm$ 0,82 ad
Kemloko 3	17,8 $\pm$ 0,73 ac	9,16 $\pm$ 1,30 ad	8,16 $\pm$ 0,31 ad	7,83 $\pm$ 0,58 ad
Paiton 2	11,33 $\pm$ 0,62 abc	7,5 $\pm$ 0 abd	6,9 $\pm$ 0,88 abd	6,53 $\pm$ 0,41 abd
Prancak N-1	11 $\pm$ 0,75 ac	10,5 $\pm$ 1,63 ad	9,66 $\pm$ 0,43 ad	8,76 $\pm$ 1,31 ad

Keterangan : (KL = Kapasitas Lapang). Angka dibelakang tanda  $\pm$  merupakan Standard Error (SE). Notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perbaris menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara faktor varietas terhadap panjang akar. Sedangkan notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perkolom menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara cekaman genangan terhadap panjang akar.



Gambar 4.6 Panjang akar pada kelima varietas tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Berdasarkan Tabel 4.4, Gambar 4.6, dan Lampiran 13 menunjukkan bahwa cekaman genangan air mempengaruhi panjang akar pada kelima varietas tanaman tembakau. Panjang akar pada kelima varietas tanaman tembakau cenderung menurun saat diberi perlakuan cekaman genangan. Panjang akar yang mengalami penurunan pada saat keadaan tercekam genangan menunjukkan bahwa pada tanaman yang tercekam genangan, pembelahan atau perpanjangan sel-sel akar terhambat sehingga terjadi penurunan panjang akar (Hossain & Uddin, 2011). Terhambatnya pembelahan atau perpanjangan sel-sel akar ini diakibatkan oleh meningkatnya sintesis hormon etilen pada kondisi genangan. Hormon etilen itu sendiri merupakan inhibitor sintesis hormon auksin (perpanjangan meristem apikal) dan hormon sitokinin (pembelahan sel). Gambar 4.7 merupakan perbandingan antara akar tanaman tembakau yang tidak tercekam genangan (akar sehat) dengan akar tanaman tembakau yang tercekam genangan (terjadi kerusakan akar).



Gambar 4.7 Akar tanaman tembakau yang tidak tercekam genangan (kontrol) dan tembakau yang tercekam genangan.

Keterangan gambar : (A). Akar varietas Kasturi 1 yang tidak diberi cekaman genangan/kontrol (akar sehat), (B). Akar varietas Kasturi 1 dengan perlakuan cekaman genangan 100% di atas kapasitas lapang (terjadi kerusakan akar).



Berdasarkan gambar 4.6 dapat diketahui bahwa varietas Kemloko 3 memiliki panjang akar yang paling tinggi dibanding varietas yang lain. Hal ini dikarenakan varietas Kemloko 3 memiliki habitat asli di lahan tadah hujan, sehingga varietas Kemloko 3 memiliki ketahanan yang tinggi apabila berada pada lokasi yang tercekam genangan. Oleh sebab itulah varietas Kemloko 3 memiliki panjang akar yang paling tinggi daripada varietas yang lain. Hal ini sesuai dengan pendapat Rochman & Yulaikah (2012), yang mengatakan bahwa habitat yang sesuai untuk tembakau varietas Kemloko 3 adalah di lahan tadah hujan. Sedangkan varietas Kasturi 1 memiliki panjang akar yang paling rendah dibanding varietas yang lain. Hal ini dikarenakan habitat asli varietas Kasturi 1 adalah di lahan tegal, sehingga apabila varietas Kasturi 1 ini berada pada kondisi cekaman genangan menyebabkan pertumbuhannya terganggu yang berujung pada panjang akar yang rendah. Hal ini sesuai dengan data yang disampaikan oleh Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (2007), yang mengatakan bahwa habitat yang sesuai untuk varietas Kasturi 1 adalah di lahan tegal.

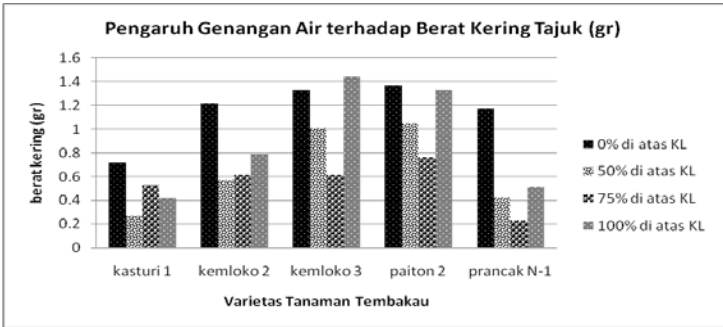
#### **4.1.5 Berat Kering Tajuk**

Berdasarkan hasil *ANOVA Two Way* (Lampiran 14), diketahui bahwa interaksi faktor varietas dan cekaman genangan tidak mempengaruhi berat kering tajuk dengan nilai  $p = 0,540$  ( $p > 0,05$ ), namun faktor yang berpengaruh terhadap berat kering tajuk adalah varietas tanaman tembakau dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ) dan perlakuan cekaman genangan dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $p$  kurang dari nilai 0,05 menunjukkan bahwa hipotesa  $H_0$  ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada berat kering tajuk kelima varietas tembakau tersebut.

Tabel 4.5. Rata-rata hasil pengamatan berat kering tajuk pada kelima varietas tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Pengaruh Genangan Air terhadap Berat Kering Tajuk (gr)				
Varietas	Berat Kering Tajuk (gr) ± SE (Standard Error)			
	Genangan 0% di atas KL	Genangan 50% di atas KL	Genangan 75% di atas KL	Genangan 100% di atas KL
Kasturi 1	0,72 ±0,2 bc	0,3±0,18 bde	0,53 ±0,26 be	0,4 ±0,25 bcd
Kemloko 2	1,2±0,42 abc	0,57 ± 0,18 abde	0,6 ±0,29 abe	0,79 ± 0,26 abcd
Kemloko 3	1,3±0,32 ac	1,0 ±0,25 ade	0,61 ±0,34 ae	1,4 ±0,37 acd
Paiton 2	1,3±0,32 ac	1,0 ±0,36 ade	0,76 ±0,23 ae	1,3 ±0,42 acd
Prancak N-1	1,2±0,48 bc	0,4 ±0,31 bde	0,23 ±0,25 be	0,5 ±0,33 bcd

Keterangan : (KL = Kapasitas Lapang). Angka dibelakang tanda ± merupakan Standard Error (SE). Notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perbaris menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan (p<0,05) antara faktor varietas terhadap berat kering tajuk. Sedangkan notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perkolom menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan (p<0,05) antara cekaman genangan terhadap berat kering tajuk.



Gambar 4.8 Berat kering tajuk pada kelima varietas tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

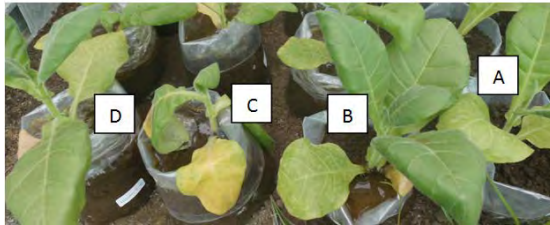
Berdasarkan Tabel 4.5, Gambar 4.8, dan Lampiran 14 menunjukkan bahwa cekaman genangan air mempengaruhi berat kering tajuk pada kelima varietas tanaman tembakau. Berat kering tajuk pada kelima varietas tanaman tembakau cenderung menurun saat diberi perlakuan cekaman genangan. Menurunnya berat kering tajuk disebabkan oleh kondisi akar yang mengalami kerusakan akibat cekaman genangan. Menurut Gardner *et al.* (1991), pertumbuhan akar yang kuat lazimnya diperlukan untuk kekuatan dan pertumbuhan pucuk pada umumnya. Apabila akar mengalami kerusakan karena gangguan secara biologis, fisik dan mekanis dan menjadi kurang berfungsi, maka pertumbuhan pucuk juga akan kurang berfungsi. Tanaman yang terganggu transfer unsur haranya, berakibat pada proses biokimia yang dicerminkan dari bobot kering tanaman yang rendah (Susilawati *et al.*, 2012).

Berdasarkan gambar 4.8, dapat diketahui bahwa berat kering tajuk tanaman tembakau varietas Kemloko 3 pada cekaman 100% genangan air di atas kapasitas lapang lebih tinggi dibanding dengan tanaman kontrol. Hal ini terjadi karena pada cekaman 100% di atas kapasitas lapang, tanaman memberikan respon positif terhadap cekaman genangan melalui pembentukan akar adventif yang banyak (gambar 4.9), sehingga penyerapan air dan unsur hara berjalan dengan lebih baik dan dapat meningkatkan suplai hasil fotosintesis yang nantinya mengarah ke berat kering tajuk. Pembentukan akar-akar adventif tersebut terjadi ketika sistem akar asli rusak dan tidak mampu melakukan fungsinya sebagai pemasok air dan mineral yang dibutuhkan. Selanjutnya untuk efisiensi energi maka berkembanglah sistem akar yang lebih disesuaikan yaitu akar adventif untuk menggantikan kerusakan sistem akar utama (Sairam *et al.*, 2008).



Gambar 4.9 Akar adventif tanaman tembakau varietas Kemloko 3 cekaman genangan 100% di atas kapasitas lapang

Keterangan gambar : akar adventif berada pada bagian yang dilingkari



Gambar 4.10 Tanaman tembakau varietas Kemloko 3

Keterangan gambar : (A). kontrol, (B). 50% genangan di atas kapasitas lapang, (C). 75% genangan di atas kapasitas lapang, (D). 100% genangan di atas kapasitas lapang

#### 4.1.6 Berat Kering Akar

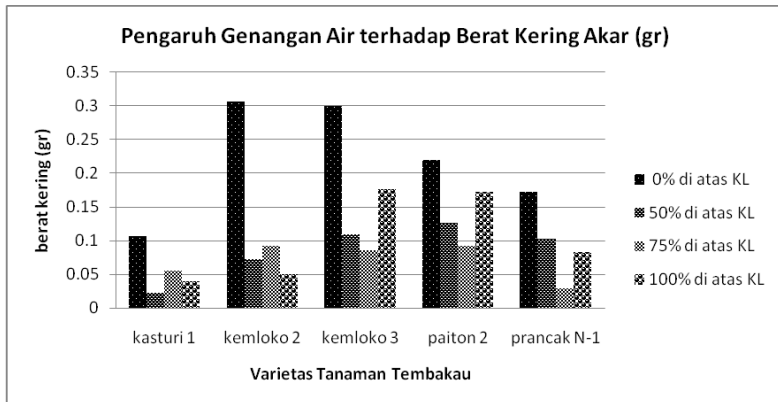
Berat kering akar mengindikasikan kemampuan suatu tanaman untuk menyerap air (Kurniasih & Wulandhany, 2009 dalam Torey *et al.*, 2013). Berdasarkan hasil *ANOVA Two Way* (Lampiran 15), diketahui bahwa interaksi faktor varietas dan cekaman genangan tidak mempengaruhi berat kering akar dengan nilai  $p = 0,169$  ( $p > 0,05$ ), namun faktor yang berpengaruh terhadap berat kering akar adalah varietas tanaman tembakau dengan nilai  $p = 0,001$  ( $p < 0,05$ ) dan perlakuan cekaman genangan dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $p$  kurang dari nilai 0,05 menunjukkan bahwa hipotesa  $H_0$  ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa

faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada berat kering akar kelima varietas tembakau tersebut.

Tabel 4.6. Rata-rata hasil pengamatan berat kering akar pada kelima varietas tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Pengaruh Genangan Air terhadap Berat Kering Akar (gr)				
Varietas	Berat Kering Akar (gr) $\pm$ SE (Standard Error)			
	Genangan 0% di atas KL	Genangan 50% di atas KL	Genangan 75% di atas KL	Genangan 100% di atas KL
Kasturi 1	0,1 $\pm$ 0,12 bc	0,02 $\pm$ 0,07 bd	0,05 $\pm$ 0,10 bd	0,04 $\pm$ 0,07 bd
Kemloko 2	0,3 $\pm$ 0,23 ac	0,07 $\pm$ 0,11 ad	0,09 $\pm$ 0,11 ad	0,05 $\pm$ 0,07 ad
Kemloko 3	0,3 $\pm$ 0,14 ac	0,11 $\pm$ 0,08 ad	0,09 $\pm$ 0,12 ad	0,17 $\pm$ 0,16 ad
Paiton 2	0,2 $\pm$ 0,12 ac	0,13 $\pm$ 0,16 ad	0,09 $\pm$ 0,07 ad	0,17 $\pm$ 0,19 ad
Prancak N-1	0,17 $\pm$ 0,08 abc	0,10 $\pm$ 0,16 abd	0,03 $\pm$ 0,07 abd	0,08 $\pm$ 0,12 abd

Keterangan : (KL = Kapasitas Lapang). Angka dibelakang tanda  $\pm$  merupakan Standard Error (SE). Notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perbaris menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara faktor varietas terhadap berat kering akar. Sedangkan notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perkolom menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara cekaman genangan terhadap berat kering akar.



Gambar 4.11 Berat kering akar pada kelima varietas tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Berdasarkan Tabel 4.6, Gambar 4.11, dan Lampiran 15 menunjukkan bahwa cekaman genangan air mempengaruhi berat kering akar pada kelima varietas tanaman tembakau. Berat kering akar pada kelima varietas tanaman tembakau cenderung menurun saat diberi perlakuan cekaman genangan. Berat kering akar yang rendah terjadi karena pada tanaman yang mengalami cekaman genangan, daerah sekitar akar akan mengalami kondisi hipoksia atau anoksia yang dapat menyebabkan kerusakan sel terutama pada akar tanaman. Pada kondisi tidak ada oksigen, siklus Krebs tidak dapat berjalan karena kekurangan aseptor elektron terminal untuk oksidasi NADH. ATP selanjutnya hanya dapat diproduksi dengan fermentasi, dimana piruvat terlebih dahulu dirubah menjadi menjadi laktat. Namun hal ini tidak terjadi dalam waktu yang lama, sebagaimana penurunan pH sitoplasma menyebabkan penghambatan laktat dehidrogenase dan berubah menjadi fermentasi etanol. Pada kondisi anaerob, pelepasan proton dari vakuola menuju sitoplasma akan menambah keasaman yang disebabkan oleh laktat dehidrogenase. Penurunan pH dan terjadinya *cytosolic acidosis* merupakan penyebab utama terjadinya kerusakan dan seringkali sampai menyebabkan

kematian sel pada tanaman yang sensitif termasuk akar tanaman (Hodson & Bryant, 2012). Dari hal tersebut maka dapat menjadikan alasan kenapa berat kering akar menurun seiring dengan bertambahnya tinggi genangan air.

Selain itu juga telah disebutkan bahwa penurunan berat kering akar tanaman yang tercekam genangan dikarenakan bahwa kelebihan air tersebut membatasi pertumbuhan dan fungsi organ akar (Das, 2012). Cekaman genangan air ini menggantikan udara dari ruang pori-pori yang ada di tanah yang menyebabkan kekurangan oksigen (hipoksia) dan akibatnya terjadi kematian pada banyak akar tanaman (Armstrong & Drew, 2002).

#### **4.1.7 Rasio Tajuk Akar**

Rasio tajuk akar merupakan perbandingan antara berat kering tajuk dibagi dengan berat kering akar. Rasio tajuk akar dilakukan untuk mengetahui tingkat perkembangan tanaman baik akar maupun tajuk pada perlakuan yang diberikan (Firdaus *et al.*, 2013).

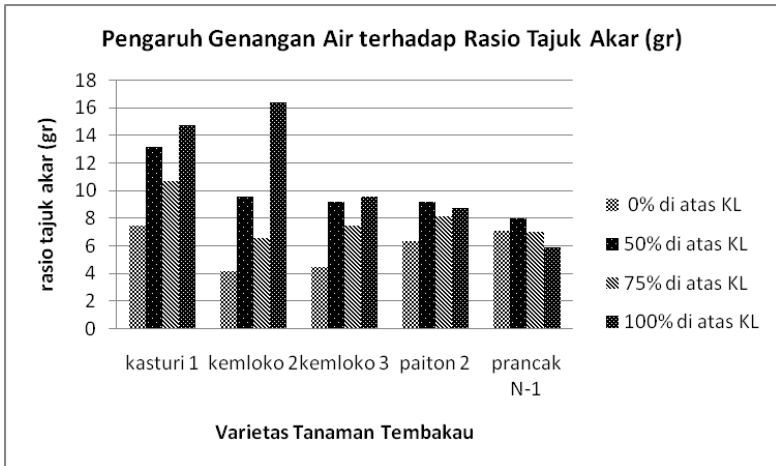
Berdasarkan hasil *ANOVA Two Way* (Lampiran 16), diketahui bahwa interaksi faktor varietas dan cekaman genangan tidak mempengaruhi rasio tajuk akar dengan nilai  $p = 0,767$  ( $p > 0,05$ ), namun faktor yang berpengaruh terhadap rasio tajuk akar adalah perlakuan cekaman genangan dengan nilai  $p = 0,030$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $p$  kurang dari nilai 0,05 menunjukkan bahwa hipotesa  $H_0$  ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada rasio tajuk akar kelima varietas tembakau tersebut.

Tabel 4.7. Rata-rata hasil pengamatan rasio tajuk akar pada kelima varietas tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Pengaruh Genangan Air terhadap Rasio Tajuk Akar (gr)				
Varietas	Rasio Tajuk Akar (gr) $\pm$ SE (Standard Error)			
	Genangan 0% di atas KL	Genangan 50% di atas KL	Genangan 75% di atas KL	Genangan 100% di atas KL
Kasturi 1	7,4 $\pm$ 1,57 ac	13,2 $\pm$ 2,09 abc	10,7 $\pm$ 1,88 abc	14,7 $\pm$ 2,21 ab
Kemloko 2	4,1 $\pm$ 0,42 ac	9,6 $\pm$ 1,29 abc	6,5 $\pm$ 0,36 abc	16,3 $\pm$ 0,82 ab
Kemloko 3	4,5 $\pm$ 0,46 ac	9,2 $\pm$ 0,30 abc	7,4 $\pm$ 1,25 abc	9,51 $\pm$ 1,33 ab
Paiton 2	6,3 $\pm$ 0,72 ac	9,1 $\pm$ 0,94 abc	8,1 $\pm$ 0,52 abc	8,7 $\pm$ 0,93 abc
Prancak N-1	7,1 $\pm$ 1,26 ac	7,9 $\pm$ 1,72 abc	7 $\pm$ 0,77 abc	5,9 $\pm$ 0,78 abc

Keterangan : (KL = Kapasitas Lapang). Angka dibelakang tanda  $\pm$  merupakan Standard Error (SE). Notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perbaris menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara faktor varietas terhadap rasio tajuk akar. Sedangkan notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perkolom menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara cekaman genangan terhadap rasio tajuk akar.





Gambar 4.12 Rasio tajuk akar pada kelima varietas tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Berdasarkan Tabel 4.7, Gambar 4.12, dan Lampiran 16 menunjukkan bahwa cekaman genangan air mempengaruhi rasio tajuk akar pada kelima varietas tanaman tembakau. Rasio tajuk akar pada kelima varietas tanaman tembakau cenderung meningkat saat diberi perlakuan cekaman genangan. Rasio tajuk akar tanaman yang tercekam genangan lebih tinggi daripada tanaman kontrol (tidak tercekam genangan), hal ini sesuai dengan pendapat Larcher (1995) yang menyatakan bahwa pada *Eucalyptus victrix*, *E. terminalis*, dan *E. leucophloia*, rasio tajuk akar pada tanaman yang tercekam genangan lebih tinggi dibanding tanaman yang tidak tercekam. Nilai rasio tajuk akar yang besar menunjukkan bahwa tajuk yang dihasilkan juga besar (Firdaus *et al.*, 2013). Semakin tinggi nilai rasio tajuk akar berarti menunjukkan kerusakan pada akar semakin meningkat (gambar 4.7-B). Hal ini diduga karena kerusakan pada akar merupakan efek utama dari proses cekaman genangan hipoksia atau anoksia. Hal ini sesuai dengan pendapat Susilawati *et al.* (2012), yang menyatakan bahwa cekaman genangan lebih menekan pertumbuhan akar dibandingkan pertumbuhan tajuk. Pada

keadaan tercekam genangan, respirasi aerob berubah menjadi respirasi anaerob (fermentasi) yang pada prosesnya menyebabkan kerusakan dan seringkali sampai menyebabkan kematian sel pada tanaman yang sensitif. Kematian sel yang pertama terjadi adalah pada akar karena cekaman genangan terpusat pada daerah perakaran, sehingga pertumbuhan akar menjadi terhambat (Hodson & Bryant, 2012).

#### 4.1.8 Pembentukan Akar Adventif

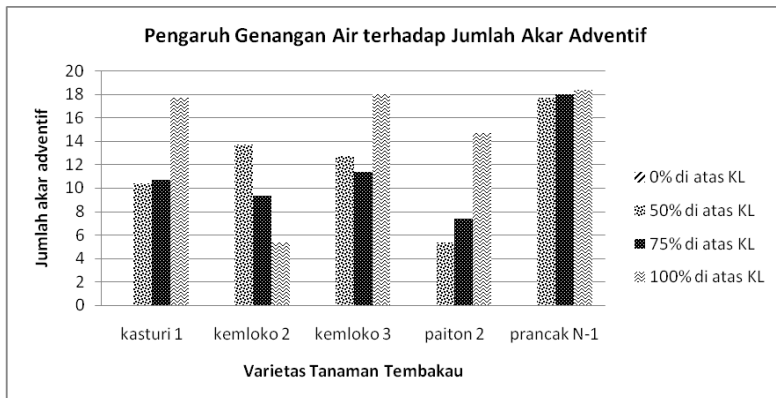
Akar adventif adalah akar yang muncul dari jaringan selain jaringan akar (Cronk & Fennessy, 2001). Selain itu juga disebutkan bahwa akar adventif merupakan akar yang muncul dari batang (*stem*) atau bagian lain tumbuhan (seperti daun pada tanaman *Sedum* dan *Begonia*) dan daerah pada akar utama selain perisikel proksimal menuju zona elongasi (Beck, 2010). Pengembangan akar adventif yang secara fungsional menggantikan akar basal terjadi ketika tanaman tercekam genangan air (Parent *et al.*, 2008). Akar adventif berkembang dari akar primordial yang dapat muncul pada banyak jaringan pada batang tanaman. Seperti pada akar lateral, primordial ini berdiferensiasi menjadi tipe sel akar dan jaringan pembuluh (*vascular connection*) dibentuk dengan adanya xylem dan floem pada akar asli (Pugnaire & Valladares, 2007).

Berdasarkan hasil *ANOVA Two Way* (Lampiran 17), diketahui bahwa interaksi faktor varietas dan cekaman genangan tidak mempengaruhi jumlah akar adventif dengan nilai  $p = 0,622$  ( $p > 0,05$ ), namun faktor yang berpengaruh terhadap jumlah akar adventif adalah perlakuan cekaman genangan dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $p$  kurang dari nilai 0,05 menunjukkan bahwa hipotesa  $H_0$  ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada jumlah akar adventif kelima varietas tembakau tersebut.

Tabel 4.8. Rata-rata hasil pengamatan jumlah akar adventif pada kelima varietas tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

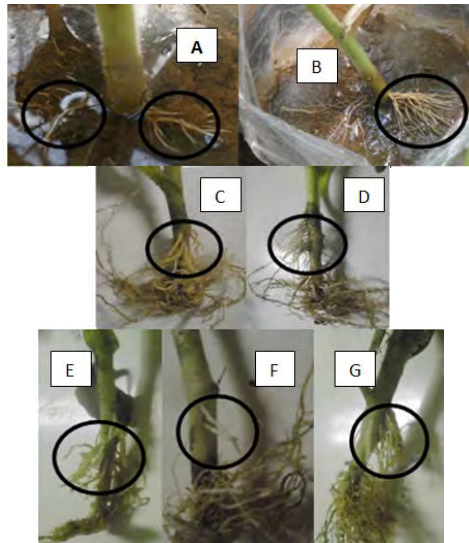
Pengaruh Genangan Air terhadap Jumlah Akar Adventif				
Varietas	Jumlah Akar Adventif $\pm$ SE (Standard Error)			
	Genangan 0% di atas KL	Genangan 50% di atas KL	Genangan 75% di atas KL	Genangan 100% di atas KL
Kasturi 1	0 $\pm$ 0 ac	10,3 $\pm$ 1,28 ab	10,6 $\pm$ 0,91 ab	17,6 $\pm$ 1,93 ab
Kemloko 2	0 $\pm$ 0 ac	13,6 $\pm$ 1,91 ab	9,3 $\pm$ 1,58 ab	5,3 $\pm$ 1,39 ab
Kemloko 3	0 $\pm$ 0 ac	12,6 $\pm$ 1,38 ab	11,3 $\pm$ 0,91 ab	18 $\pm$ 2,40 ab
Paiton 2	0 $\pm$ 0 ac	5,3 $\pm$ 1,03 ab	7,3 $\pm$ 1,12 ab	14,6 $\pm$ 1,12 ab
Prancak N-1	0 $\pm$ 0 ac	17,6 $\pm$ 1,81 ab	18 $\pm$ 0,81 ab	18,3 $\pm$ 1,48 ab

Keterangan : (KL = Kapasitas Lapang). Angka dibelakang tanda  $\pm$  merupakan Standard Error (SE). Notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perbaris menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara faktor varietas terhadap jumlah akar adventif. Sedangkan notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perkolom menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara cekaman genangan terhadap jumlah akar adventif.



Gambar 4.13 Jumlah akar adventif pada kelima varietas tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Berdasarkan Tabel 4.8, Gambar 4.13, dan Lampiran 17 menunjukkan bahwa dengan adanya cekaman genangan air dapat memacu proses pembentukan akar adventif. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman yang tercekam genangan air melakukan respon morfologi berupa pembentukan akar adventif untuk dapat bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang tercekam genangan. Penelitian ini sejalan dengan Akhtar & Nazir (2013), yang menyebutkan bahwa tanaman yang toleran terhadap cekaman genangan menunjukkan adaptasi tertentu seperti pembentukan akar adventif. Pembentukan akar adventif pada tanaman tembakau yang tercekam genangan air dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Akar adventif pada tanaman tembakau yang tercekam genangan air

Keterangan : akar adventif berada pada bagian yang dilingkari. (A). varietas Paiton 2 cekaman genangan 100% (H+6), (B). varietas Paiton 2 cekaman genangan 100% (H+8), (C). varietas Kemloko 2 genangan 75%, (D). varietas Kemloko 3 genangan 100%, (E). varietas Kasturi 1 genangan 50%, (F). varietas Paiton 2 genangan 75%, (G). varietas Prancak N-1 genangan 100%.

Pembentukan akar-akar adventif tersebut terjadi ketika sistem akar asli rusak dan tidak mampu melakukan fungsinya sebagai pemasok air dan mineral yang dibutuhkan. Selanjutnya untuk efisiensi energi maka berkembanglah sistem akar yang lebih disesuaikan yaitu akar adventif untuk menggantikan kerusakan sistem akar utama. Akar adventif muncul dari bagian batang tanaman yang terendam dan tumbuh horizontal. Hal ini dimungkinkan sebagai mekanisme adaptasi oleh akar-akar yang baru terbentuk untuk menggantikan fungsi sistem akar asli yang telah rusak (Sairam *et al.*, 2008). Dalam waktu beberapa hari tergenang, beberapa tanaman membentuk akar adventif yang tumbuh secara lateral dari dasar batang utama. Akar adventif menyebar ke lapisan permukaan media tanam atau tumbuh di atas permukaan tanah (Cronk & Fennessy, 2001).

Mekanisme lain yang mendukung terbentuknya akar adventif ada beberapa hal. Yang pertama adalah pada saat tanaman dalam keadaan hipoksia, akar adventif akan terbentuk pada bagian atas akar mendekati permukaan tanah di mana tekanan oksigen tinggi. Akar adventif dapat mengurangi pengaruh buruk genangan dengan memperluas area perakaran ke udara, meningkatkan respirasi aerob, dan meningkatkan oksigen di daerah rizosfer (Hapsari & Adie, 2010).

Mekanisme yang kedua adalah akar adventif juga akan terbentuk ketika tanaman merespon keadaan anoksia. Akar adventif ini akan menggantikan akar utama yang rusak ketika berada dalam kondisi anoksia dan akar ini memiliki fungsi yang lebih efektif yaitu sebagai transport oksigen karena adanya perkembangan jaringan aerenkim di dalamnya dan tumbuh di area permukaan tanah yang mana umumnya kadar oksigen masih tinggi. Akar adventif terbentuk karena merupakan suatu bentuk adaptasi di cekaman genangan. Di tanaman bunga matahari, akar adventif terbentuk karena inisiasi dari primordia baru yang diinduksi oleh auksin (Smith *et al.*, 2010).

Dan mekanisme yang ketiga yaitu pembentukan akar adventif terjadi karena adanya interaksi beberapa hormon

tanaman yaitu auksin dan etilen (Akhtar & Nazir, 2013). Pada kondisi tidak ada oksigen, siklus Krebs tidak dapat berjalan karena kekurangan aseptor elektron terminal untuk oksidasi NADH. ATP selanjutnya hanya dapat diproduksi dengan fermentasi, dimana piruvat terlebih dahulu dirubah menjadi menjadi laktat. Namun hal ini tidak terjadi dalam waktu yang lama, sebagaimana penurunan pH sitoplasma menyebabkan penghambatan laktat dehidrogenase dan berubah menjadi fermentasi etanol. Pada kondisi anaerob, pelepasan proton dari vakuola menuju sitoplasma akan menambah keasaman yang disebabkan oleh laktat dehidrogenase. Penurunan pH dan terjadinya *cytosolic acidosis* merupakan penyebab utama terjadinya kerusakan dan seringkali sampai menyebabkan kematian sel pada tanaman yang sensitif. Hal ini selanjutnya menyebabkan kerusakan akar dan terhambatnya transpor auksin menuju akar (Hodson & Bryant, 2012).

Hormon auksin terlibat dalam pembentukan akar adventif. Difusi auksin menuju akar yang kekurangan oksigen menjadi lambat dan auksin terakumulasi pada pertemuan tunas dengan akar (*shoot-root*) dimana akar adventif terbentuk. Akar adventif membantu penyerapan air dan unsur hara pada tanaman yang toleran genangan. Akar adventif juga memudahkan prosuk akhir fermentasi alkohol, etanol untuk berdifusi dari tanaman sehingga tidak terakumulasi pada tanaman (Cronk & Fennessy, 2001).

Hormon etilen juga berpengaruh terhadap proses pembentukan akar adventif. Pada tanaman tembakau transgenik dengan reseptor etilen yang rusak, hasilnya menunjukkan produksi akar adventif yang lebih sedikit dibanding tanaman tembakau *wildtype*. Hal ini mengindikasikan pentingnya etilen pada proses pembentukan akar adventif (Vidoz *et al.*, 2010). Kekurangan oksigen juga memacu ekspresi gen yang dibutuhkan untuk sintesis etilen (Smith *et al.*, 2010). Etilen selanjutnya akan menyebabkan terbentuknya jaringan aerenkim dan semakin mendukung transfer oksigen melalui akar adventif. Menurut Smith *et al.* (2010), beberapa tanaman mampu membentuk akar

adventif sebagai respon terhadap hilangnya oksigen. Akar-akar tambahan ini menggantikan akar-akar yang rusak dan memiliki fungsi lebih efektif dalam proses transfer oksigen.

## **4.2 Pengaruh Genangan Air terhadap Anatomi Beberapa Varietas Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.)**

Genangan air merupakan penyebab keadaan tercekam hipoksia (ketersediaan oksigen sedikit) atau keadaan tercekam anoksia (tidak tersedia oksigen) (Smith *et al.*, 2010). Berbagai macam bentuk adaptasi anatomi tanaman yang tercekam genangan air antara lain yaitu berkurangnya jumlah stomata (Parent *et al.*, 2008), terjadi penutupan stomata lebih awal (Riche, 2004 dalam Hapsari & Adie, 2010) serta pengembangan jaringan aerenkim (Akhtar & Nazir, 2013).

### **4.2.1 Jumlah Stomata**

Stomata merupakan celah dalam epidermis yang dibatasi oleh dua sel epidermis khusus yaitu sel penutup. Dengan mengubah bentuknya, sel penutup mengatur pelebaran dan penyempitan celah. Sel yang mengelilingi stomata dapat berbentuk sama atau berbeda dengan sel epidermis lainnya. Sel ini dinamakan sel tetangga yang berperan dalam perubahan osmotik yang menyebabkan gerakan sel penutup dalam mengatur lebar celah (Estiti, 1995). Selain itu menurut Mulyani (2006), stomata merupakan pori-pori kecil yang terletak di abaxial dan adaxial daun tanaman. Stomata terdiri dari sepasang sel penjaga dan sel tetangga. Stomata berfungsi untuk mengatur proses transpirasi melalui perubahan turgor sel penjaga dan lubang buka tutup stomata.

Berdasarkan hasil *ANOVA Two Way* (Lampiran 18), diketahui bahwa interaksi faktor varietas dan cekaman genangan tidak mempengaruhi jumlah stomata dengan nilai  $p = 1,000$  ( $p > 0,05$ ), namun faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman adalah perlakuan cekaman genangan dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $p$  kurang dari nilai 0,05 menunjukkan

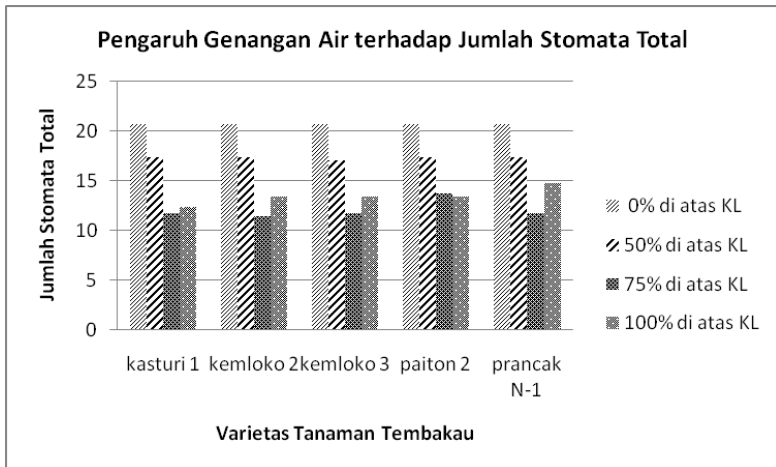
bahwa hipotesa  $H_0$  ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada jumlah stomata total kelima varietas tembakau tersebut.

Tabel 4.9. Rata-rata hasil pengamatan jumlah stomata total pada kelima varietas tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Pengaruh Genangan Air terhadap Jumlah Stomata Total				
Varietas	Jumlah Stomata Total $\pm$ SE (Standard Error)			
	Genangan 0% di atas KL	Genangan 50% di atas KL	Genangan 75% di atas KL	Genangan 100% di atas KL
Kasturi 1	20,6 $\pm$ 0,91 ab	17,3 $\pm$ 1,08 abc	11,6 $\pm$ 0,98 ad	12,3 $\pm$ 1,28 acd
Kemloko 2	20,6 $\pm$ 1,16 ab	17,33 $\pm$ 1,45 abc	11,3 $\pm$ 0,71 ad	13,3 $\pm$ 0,71 acd
Kemloko 3	20,6 $\pm$ 0,43 ab	17 $\pm$ 1,31 abc	11,6 $\pm$ 1,0 ad	13,3 $\pm$ 0,43 acd
Paiton 2	20,6 $\pm$ 0,91 ab	17,3 $\pm$ 0,83 abc	13,66 $\pm$ 1,35 ad	13,3 $\pm$ 1,16 acd
Prancak N-1	20,6 $\pm$ 1,12 ab	17,3 $\pm$ 1,55 abc	11,6 $\pm$ 0,62 ad	14,6 $\pm$ 1,25 acd

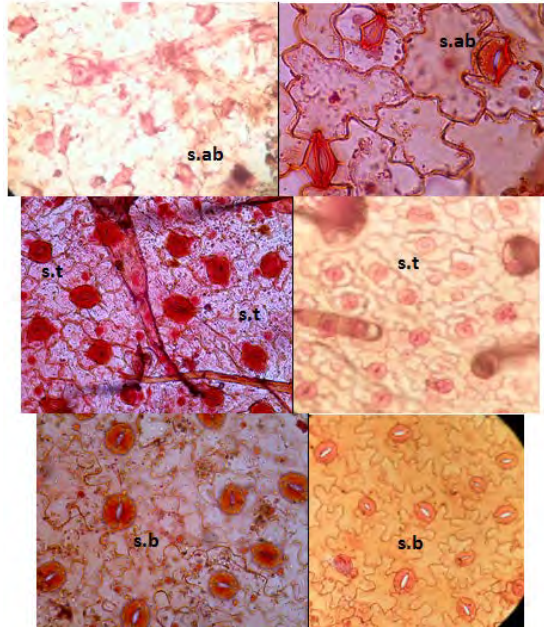
Keterangan : (KL = Kapasitas Lapang). Angka dibelakang tanda  $\pm$  merupakan Standard Error (SE). Notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perbaris menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara faktor varietas terhadap jumlah stomata total. Sedangkan notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perkolom menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara cekaman genangan terhadap jumlah stomata total.





Gambar 4.15 Rata-rata jumlah stomata total pada kelima varietas tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Berdasarkan Tabel 4.9, Gambar 4.15, dan Lampiran 18 menunjukkan bahwa cekaman genangan air mempengaruhi jumlah stomata total pada kelima varietas tanaman tembakau. Jumlah stomata total pada kelima varietas tanaman tembakau cenderung menurun saat diberi perlakuan cekaman genangan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Parent *et al.* (2008) yang menyatakan bahwa cekaman genangan dapat menyebabkan kekurangan oksigen pada tanaman. Kekurangan oksigen umumnya menyebabkan penurunan laju fotosintesis yang cepat pada tanaman yang toleran terhadap genangan yang pada umumnya dianggap sebagai akibat dari berkurangnya jumlah stomata. Pada tanaman yang tercekam genangan, pengurangan jumlah stomata tersebut terjadi karena banyak stomata yang rusak/abnormal (gambar 4.16).



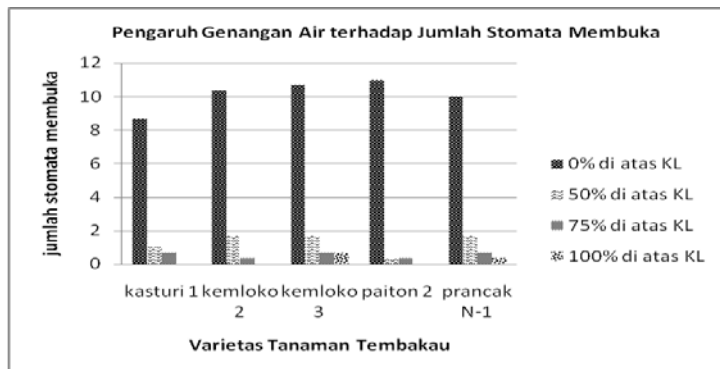
Gambar 4.16 Hasil pengamatan stomata pada tanaman tembakau  
Keterangan : (s.ab = stomata abnormal, s.t = stomata menutup, s.b = stomata membuka)

Dari jumlah stomata total nantinya akan dihitung antara jumlah stomata yang membuka dan menutup. Berdasarkan hasil *ANOVA Two Way* (Lampiran 19), diketahui bahwa interaksi faktor varietas dan cekaman genangan tidak mempengaruhi jumlah stomata membuka dengan nilai  $p = 0,999$  ( $p > 0,05$ ), namun faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman adalah perlakuan cekaman genangan dengan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $p$  kurang dari nilai  $0,05$  menunjukkan bahwa hipotesa  $H_0$  ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada jumlah stomata membuka kelima varietas tembakau tersebut.

Tabel 4.10. Rata-rata hasil pengamatan jumlah stomata membuka pada kelima varietas tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Pengaruh Genangan Air terhadap Jumlah Stomata Membuka				
Varietas	Jumlah Stomata Membuka $\pm$ SE (Standard Error)			
	Genangan 0% di atas KL	Genangan 50% di atas KL	Genangan 75% di atas KL	Genangan 100% di atas KL
Kasturi 1	8,6 $\pm$ 1,41 ab	1 $\pm$ 0,75 ac	0,6 $\pm$ 0,62 ac	0 $\pm$ 0 ac
Kemloko 2	10,3 $\pm$ 1,2 ab	1,6 $\pm$ 0,71 ac	0,3 $\pm$ 0,43 ac	0 $\pm$ 0 ac
Kemloko 3	10,6 $\pm$ 0,4 ab	1,6 $\pm$ 0,71 ac	0,6 $\pm$ 0,62 ac	0,6 $\pm$ 0,62 ac
Paiton 2	11 $\pm$ 1,51 ab	0,3 $\pm$ 0,43 ac	0,3 $\pm$ 0,43 ac	0 $\pm$ 0 ac
Prancak N-1	10 $\pm$ 0 ab	1,6 $\pm$ 0,71 ac	0,6 $\pm$ 0,62 ac	0,3 $\pm$ 0,43 ac

Keterangan : (KL = Kapasitas Lapang). Angka dibelakang tanda  $\pm$  merupakan Standard Error (SE). Notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perbaris menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara faktor varietas terhadap jumlah stomata membuka. Sedangkan notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perkolom menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara cekaman genangan terhadap jumlah stomata membuka.



Gambar 4.17 Rata-rata jumlah stomata membuka pada kelima varietas tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Berdasarkan Tabel 4.10, Gambar 4.17, dan Lampiran 19 dapat diketahui bahwa jumlah stomata membuka menurun seiring dengan meningkatnya cekaman genangan. Hal ini disebabkan karena tanaman yang tercekam genangan air maka struktur akar dari tanaman tersebut akan mengalami kerusakan yang menyebabkan berkurangnya penyerapan air sehingga stomata tidak mampu untuk membuka. Stomata membuka karena sel penjaga mengambil air dan menggembung dimana sel penjaga yang menggembung akan mendorong dinding bagian dalam stomata hingga merapat. Stomata bekerja dengan caranya sendiri karena sifat khusus yang terletak pada anatomi submikroskopik dinding selnya. Sel penjaga dapat bertambah panjang, terutama dinding luarnya, hingga mengembang ke arah luar. Kemudian, dinding sebelah dalam akan tertarik oleh mikrofibril tersebut yang mengakibatkan stomata membuka (Salisbury & Ross, 1995). Selain itu menurunnya jumlah stomata yang membuka ini juga dikarenakan sebagai respon dari tanaman terhadap cekaman genangan. Pada cekaman genangan terjadi kelebihan air di lingkungan perakaran. Namun dengan adanya kelebihan air di lingkungan perakaran menyebabkan terjadinya kekeringan fisiologis dalam tubuh tanaman. Hal ini dikarenakan fungsi akar sebagai penyerapan air dan unsure hara terganggu dengan adanya kelebihan air tersebut. Kemudian tanaman akan mengimbangi keadaan tersebut dengan cara mengurangi laju transpirasi tanaman melalui pengurangan jumlah stomata membuka. Tanaman akan mengurangi jumlah stomata yang membuka untuk mengurangi laju transpirasi tanaman. Gambar dari stomata yang membuka pada tanaman tembakau dapat dilihat pada gambar 4.16.

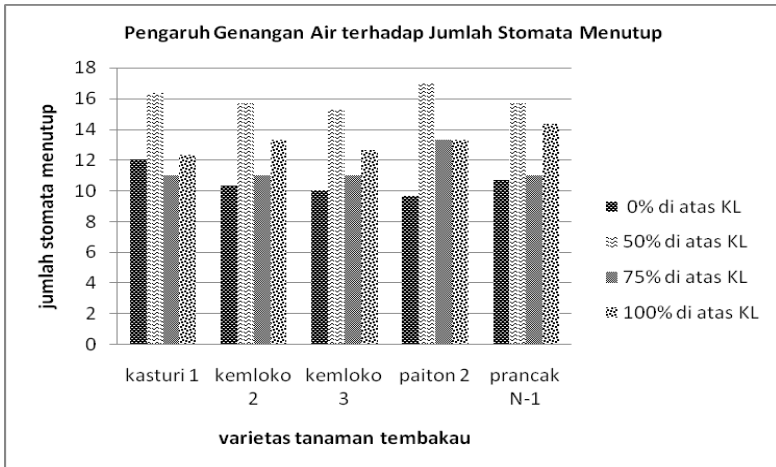
Setelah mengetahui jumlah stomata yang membuka maka selanjutnya dihitung juga jumlah stomata yang menutup. Berdasarkan hasil *ANOVA Two Way* (Lampiran 20), diketahui bahwa interaksi faktor varietas dan cekaman genangan tidak mempengaruhi jumlah stomata menutup dengan nilai  $p = 0,999$

( $p > 0,05$ ), namun faktor yang berpengaruh terhadap stomata yang menutup adalah perlakuan cekaman genangan dengan nilai  $p = 0,001$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $p$  kurang dari nilai  $0,05$  menunjukkan bahwa hipotesa  $H_0$  ditolak. Hasil uji anova tersebut dilanjutkan dengan uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada jumlah stomata menutup kelima varietas tembakau tersebut.

Tabel 4.11. Rata-rata hasil pengamatan jumlah stomata menutup pada kelima varietas tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Varietas	Pengaruh Genangan Air terhadap Jumlah Stomata Menutup			
	Jumlah Stomata Menutup $\pm$ SE (Standard Error)			
	Genangan 0% di atas KL	Genangan 50% di atas KL	Genangan 75% di atas KL	Genangan 100% di atas KL
Kasturi 1	$12 \pm 1,31$ ac	$16,3 \pm 1,16$ ab	$11 \pm 0,75$ ac	$12,3 \pm 1,28$ abc
Kemloko 2	$10,3 \pm 1,08$ ac	$15,6 \pm 1,28$ ab	$11 \pm 0,75$ ac	$13,3 \pm 0,71$ abc
Kemloko 3	$10 \pm 0,57$ ac	$15,3 \pm 1,17$ ab	$11 \pm 0,81$ ac	$12,6 \pm 0,43$ abc
Paiton 2	$9,6 \pm 1,25$ ac	$17 \pm 0,75$ ab	$13,3 \pm 1,28$ ac	$13,3 \pm 1,16$ abc
Prancak N-1	$10,6 \pm 1,12$ ac	$15,6 \pm 1,38$ ab	$11 \pm 0$ ac	$14,3 \pm 1,17$ abc

Keterangan : (KL = Kapasitas Lapang). Angka dibelakang tanda  $\pm$  merupakan Standard Error (SE). Notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perbaris menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara faktor varietas terhadap jumlah stomata menutup. Sedangkan notifikasi huruf yang berbeda apabila dibaca perkolom menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) antara cekaman genangan terhadap jumlah stomata menutup.



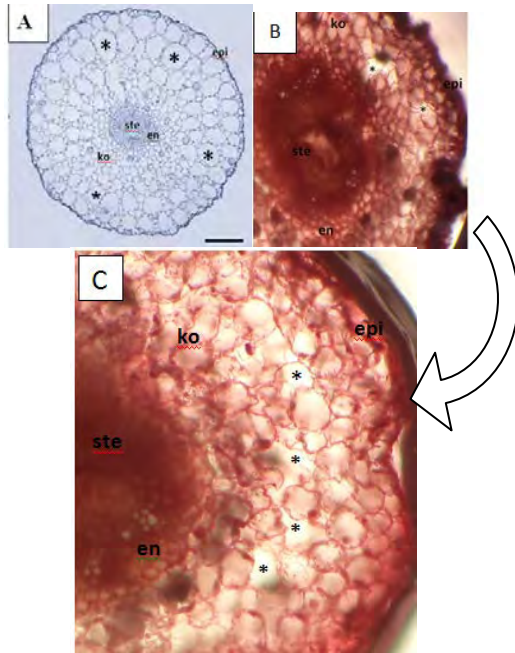
Gambar 4.18 Rata-rata jumlah stomata menutup pada kelima varietas tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

Berdasarkan Tabel 4.11, Gambar 4.19, dan Lampiran 20 dapat diketahui bahwa cekaman genangan air dapat meningkatkan jumlah stomata menutup. Hal ini dikarenakan telah terjadi respon tanaman yang tergenang air yaitu terjadi proses penutupan stomata lebih awal dan pengurangan aliran air dari akar menuju tajuk. Respon tanaman terhadap genangan sering kali meningkatkan asam absisat pada daun yang berperan dalam penutupan stomata sehingga menghambat pertumbuhan daun (Riche, 2004 *dalam* Hapsari & Adie, 2010). Cekaman genangan juga dapat menyebabkan meningkatnya produksi hormon etilen (Visser *et al.*, 2003). Etilen juga dapat menyebabkan stomata menutup, diduga karena etilen dan asam absisat dapat menyebabkan perubahan pada membran pelindung sel sehingga mengganggu keluar-masuknya air dan ion. Kejadian tersebut akan meningkatkan konsentrasi  $\text{CO}_2$  dan menyebabkan stomata menutup (Riche, 2004 *dalam* Hapsari & Adie, 2010). Kegunaan stomata itu sendiri adalah sebagai tempat keluar masuknya

pertukaran air dan gas. Stomata memainkan peran utama dalam melakukan proses transpirasi. Akar tanaman yang tergenang air dapat menyebabkan penyerapan air sedikit sehingga mengarah ke defisit air internal, oleh sebab itu respon tanaman yang tercekam genangan adalah terjadi penutupan stomata lebih awal yang bertujuan untuk mengurangi laju transpirasi pada tanaman (Parent *et al.*, 2008). Gambar dari stomata yang menutup pada tanaman tembakau dapat dilihat pada gambar 4.16.

#### **4.2.2 Aerenkim**

Aerenkim adalah jaringan parenkim yang rongga antar selnya besar dan berfungsi sebagai penyimpan udara (Mulyani *dalam* Hapsari & Adie, 2010). Sedangkan menurut Sairam *et al.* (2008), aerenkim adalah jaringan dengan ruang interseluler yang luas untuk pertukaran gas menuju akar yang anaerob. Salah satu bentuk adaptasi tanaman yang tercekam genangan air adalah dengan pembentukan jaringan aerenkim (Hodson & Bryant, 2012). Pada penelitian tanaman tembakau yang diberi cekaman genangan air, hasil pengamatan anatomi akar menunjukkan adanya aerenkim pada akar tanaman yang mengalami cekaman genangan seperti pada gambar 4.20. Pembentukan aerenkim terjadi baik pada jaringan lama dan jaringan baru pada akar, rhizoma, batang, petiola dan daun pada tanaman berkayu maupun tanaman herba (Cronk & Fennessy, 2001).



Gambar 4.19 Penampang melintang akar yang terdapat aerenkim. (A). Gambar literatur tanaman *Rumex crispus* L. (sumber : Striker & Mworia, 2012), (B). Gambar pengamatan aerenkim tanaman tembakau. (C). Insert dari gambar aerenkim tanaman tembakau  
Keterangan gambar : (epi = epidermis, ko = korteks, en = endodermis, ste = stele, tanda bintang (\*) = aerenkim).

Terbentuknya aerenkim menunjukkan bahwa tanaman yang tercekam genangan menunjukkan respon pembentukan aerenkim untuk mengatasi kondisi hipoksia atau anoksia yang terjadi. Peningkatan porositas aerenkim dapat meningkatkan pertukaran ke arah pucuk akar tanaman dan diproduksi senyawa fitotoksik di akar seperti metana dan etanol dan/atau meningkatkan difusi longitudinal gas di akar, sehingga dapat meningkatkan proses aerasi dalam akar yang berada di cekaman genangan (Parent *et al.*, 2008).



Kadar oksigen yang rendah menstimulasi produksi enzim *1-aminocyclopropane-1-carboxylate* (ACC) *synthase* yang meningkatkan enzim lain, ACC oksidase. ACC oksidase secara langsung bertanggung jawab untuk produksi etilen yang membutuhkan oksigen. ACC oksidase berdifusi ke seluruh bagian tanaman dan etilen diproduksi pada bagian tanaman yang teraerasi (Cronk & Fennessy, 2001). Sebelum aerenkim berkembang, ACC tertimbun dan diangkut dalam xylem menuju tajuk. Kemudian tajuk yang mendapat aerasi yang baik dengan cepat mengubah ACC menjadi etilen (Salisbury & Ross, 1995). Etilen secara normal berdifusi keluar tanaman, tetapi difusi menjadi terhambat saat tanaman dikelilingi air. Saat terjadi akumulasi etilen, hal tersebut menstimulasi kerusakan sel, degradasi dinding sel dan peningkatan aktivitas senyawa yang mendegradasi dinding sel (Cronk & Fennessy, 2001).

Tanah yang tergenang air maka akan mengalami kondisi kekurangan oksigen, sebab air mengisi ruang udara dan pengaliran kembali oksigen di sekitar akar juga berkurang karena pergerakan gas tersebut melalui air berlangsung lambat. Etilen yang terperangkap di akar, pergerakannya melewati air juga berkurang sekitar 10.000 kali dibandingkan dengan jika melewati udara. Etilen lalu menyebabkan sel korteks mensintesis selulase yaitu enzim yang menghidrolisis selulosa dan sebagian menyebabkan penguraian dinding sel. Sel korteks tersebut kehilangan protoplas, lalu menghilang menjadi jaringan aerenkim (Salisbury & Ross, 1995). Etilen memicu kematian sel dan kehancuran sel pada korteks akar. Ruang yang sebelumnya ditempati oleh sel-sel ini akan menjadi ruang hampa yang digunakan untuk perpindahan oksigen (Taiz & Zeiger, 2010).

Etilen memulai dan mengatur beberapa adaptasi molekuler, respon kimia, dan morfologi yang memungkinkan tanaman untuk menghindari anaerobiosis dengan meningkatkan ketersediaan oksigen ke akar pada kondisi tanah yang tergenang seperti pengembangan aerenkim (Sairam *et al.*, 2008).

### 4.3 Penentuan Indeks Sensitifitas Tanaman

Indeks sensitivitas (S) diukur terhadap berat kering tanaman. Hal ini dikarenakan berat kering merupakan petunjuk yang menentukan baik tidaknya pertumbuhan suatu tanaman. Berat kering itu sendiri merupakan akumulasi hasil fotosintat yang berupa protein, karbohidrat dan lipid (Firdaus *et al.*, 2013). Apabila penyerapan air dan unsur hara serta proses fotosintesis terhambat, maka pertumbuhan akan menurun yang berakibat pada rendahnya berat kering. Penentuan indeks sensitivitas tanaman ini digunakan untuk mengetahui tembakau varietas mana yang memiliki kemampuan toleran maupun rentan pada keadaan tercekam genangan air.

Tabel 4.12. Hasil pengamatan indeks sensitifitas tanaman tembakau berdasarkan parameter berat kering tanaman

Varietas	Indeks Sensitifitas Tanaman								
	Genangan 50% di			Genangan 75%			Genangan 100%		
	atas kapasitas			di atas kapasitas			di atas kapasitas		
	lapang			lapang			lapang		
	S	MT	T	S	MT	T	S	MT	T
Kasturi 1	1,41			1,52			1,61		
Kemloko 2	1,26				0,97				0,42
Kemloko 3		0,68		1,03					0,03
Paiton 2		0,57			0,83				0,18
Prancak N-1	1,33			1,46			2,04		

Keterangan : S = sensitif/peka, MT = medium toleran, T = toleran

Berdasarkan Tabel 4.12, dapat diketahui bahwa tanaman tembakau yang toleran terhadap cekaman genangan (berdasarkan cekaman genangan air tertinggi yaitu 100% di atas kapasitas lapang) adalah varietas Kemloko 3 (S : 0,03), Paiton 2 (S : 0,18) dan Kemloko 2 (S : 0,42). Ketiga varietas tersebut memiliki sifat toleran terhadap cekaman genangan air karena kesesuaian lahan dan habitat asli ketiga varietas tersebut yang sesuai dengan lahan tadah hujan dan sawah yang banyak mengandung air. Varietas Kemloko 2 dan Kemloko 3 memiliki lokasi lahan yang lebih sesuai untuk lahan tadah hujan dan sawah di Kabupaten

Temanggung. Apabila tembakau varietas Kemloko ini tumbuh di daerah lahan tadah hujan atau di lahan persawahan dekat gunung di wilayah Temanggung, dapat menghasilkan tembakau dengan mutu yang sangat tinggi (Rochman & Yulaikah, 2012). Sedangkan varietas Paiton 2 memiliki lokasi lahan yang lebih sesuai untuk lahan sawah di wilayah Kabupaten Probolinggo (Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, 2012). Dengan kesesuaian lahan dan habitat tersebut menjadikan ketiga varietas tersebut memiliki jumlah berat kering tajuk dan akar yang tinggi (didukung dengan data pada gambar 4.9 dan gambar 4.12) yang menjadikannya memiliki berat kering total tanaman yang tinggi pula dibanding varietas Kasturi 1 dan Prancak N-1 (didukung dengan data pada lampiran 21 dan lampiran 22) sehingga ketiga varietas tersebut memiliki sifat toleran terhadap cekaman genangan air.

Kesesuaian lahan ketiga varietas tembakau (Kemloko 3, Paiton 2 dan Kemloko 2) dapat menjadikan ketiga varietas tersebut memiliki pertumbuhan tanaman yang lebih besar daripada varietas Kasturi 1 dan Prancak N-1. Pertumbuhan tanaman adalah suatu proses pada tanaman yang mengakibatkan perubahan ukuran tanaman semakin besar yang disebabkan oleh peningkatan jumlah (pembelahan sel) dan peningkatan ukuran (pembesaran sel) yang memerlukan sintesis protein dan bersifat tidak dapat balik (Gardner *et al.*, 1991). Dengan memiliki pertumbuhan tanaman yang lebih besar daripada varietas lainnya pada kondisi cekaman genangan berarti dapat mengindikasikan bahwa varietas tersebut lebih toleran terhadap cekaman genangan. Parameter pertumbuhan ketiga varietas tembakau (Kemloko 3, Paiton 2 dan Kemloko 2) yang mengalami pertumbuhan lebih besar daripada dua varietas lain (Kasturi 1 dan Prancak N-1) adalah parameter pertumbuhan tinggi tanaman, luas daun, berat kering tajuk dan berat kering akar.

Sedangkan varietas Kasturi 1 dan Prancak N-1 menunjukkan sifat sensitif/peka pada setiap tingkat cekaman genangan dikarenakan terjadinya kerusakan akar yang

menyebabkan berat kering akar menjadi rendah (didukung dengan data pada gambar 4.12) dan berujung pada berat kering tajuk juga rendah (didukung dengan data pada gambar 4.9) sehingga menyebabkan berat kering tanaman juga rendah (didukung dengan data pada lampiran 21 dan lampiran 22). Selain itu faktor lain adalah karena varietas Prancak N-1 berasal dari Madura yang dikenal memiliki tipe iklim kering. Menurut Suwarso (2004), varietas Prancak N-1 merupakan hasil seleksi varietas lokal yang berasal dari Prancak, Kabupaten Sumenep yang mana varietas ini lebih sesuai di lahan kering. Sedangkan lahan yang sesuai untuk pertumbuhan tembakau varietas Kasturi 1 adalah lahan tegalan (Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, 2007), sehingga apabila varietas Kasturi 1 berada di lingkungan dengan genangan air maka dapat menyebabkan pertumbuhannya terganggu yang berujung pada berat kering tanaman yang rendah.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Cekaman genangan dapat menurunkan pertumbuhan tanaman tembakau yang meliputi penurunan tinggi tanaman dengan nilai terendah 15,66 cm, penurunan jumlah daun dengan nilai terendah 3,66, penurunan luas daun dengan nilai terendah 36,44 cm<sup>2</sup>, penurunan panjang akar dengan nilai terendah 4,6 cm, penurunan berat kering tajuk dengan nilai terendah 0,23 gr dan penurunan berat kering akar dengan nilai terendah 0,03 gr. Namun cekaman genangan dapat meningkatkan jumlah akar adventif dengan nilai tertinggi adalah 18,33 dan meningkatkan nilai rasio tajuk akar dengan nilai tertinggi 16,3 gr. Selain itu cekaman genangan dapat menurunkan jumlah stomata pada tanaman tembakau dengan nilai terendah adalah 11,33 serta cekaman genangan dapat menyebabkan adanya pembentukan jaringan aerenkim.
2. Berdasarkan indeks sensitifitas (S) tanaman didapatkan bahwa varietas yang toleran terhadap cekaman genangan adalah varietas Kemloko 3 (S : 0,03), varietas Paiton 2 (S : 0,18), dan varietas Kemloko 2 (S : 0,42). Sedangkan varietas yang sensitif/peka terhadap cekaman genangan adalah varietas Kasturi 1 (S : 1,61) dan varietas Prancak N-1 (S : 2,04).

#### **5.2 Saran**

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengamatan profil protein sehingga dapat diketahui gen yang berperan dalam respon terhadap cekaman genangan serta juga dilakukan pengamatan peran hormon pada cekaman genangan.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah A. dan Sudarmanto. 2002. **Budidaya Tembakau**. Jakarta : CV.Yasaguna.
- Akhtar, I. dan N. Nazir. 2013. Effect of Waterlogging and Drought Stress in Plants. **International Journal of Water Resources and Environmental Sciences** 2 (2): 34-40.
- Aldana, F., Garcia, P.N., dan Fischer. G. 2014. Effect of Waterlogging Stress on the Growth, Development and Symptomatology of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.) Plants. **Journal of Rev.Acad. Colomb. Cienc** 38 (149) : 393-400.
- Armstrong, W. dan M.C. Drew. 2002. Root Growth and Metabolism Under Oxygen Deficiency. **Journal of Plants pp. 729-761**.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Timur. 2011. **Kajian Potensi dan Kebijakan Budidaya Tembakau terhadap Kesejahteraan Masyarakat**. Jawa Timur : Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Timur kerjasama dengan P3M Politeknik Negeri Jember.
- Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. 2007. **Varietas Unggul Tembakau Kasturi**. Jawa Timur : Malang.
- Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. 2012. Prancak N-1 dan N-2. **BALITTAS**. <<http://balittas.litbang.pertanian.go.id/>> [07 April 2015].
- Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. 2012. **Varietas Unggul Tembakau Paiton**. Jawa Timur : Malang.

Basuki, S., Rochman, F., dan Yulaikah, S. 2000. **Biologi Tembakau Temanggung, hal 1-6 dalam Monograf Tembakau Temanggung**. Malang : Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.

Beck, C. 2010. **An Introduction to Plant Structure and Development**. Cambridge : Cambridge University Press.

Benz, B.R., Rhode, J.M., dan Cruzan, M.B. 2007. Aerenchyma Development and Elevated Alcohol Dehydrogenase Activity as Alternative Responses to Hypoxic Soils in the *Piriqueta caroliniana* Complex. **American Journal of Botany** 94 (4) : 542-550.

Cahyono, Bambang. 1998. **Tembakau, Budidaya dan Analisis Tani**. Yogyakarta : Kanisius.

Campbell, N.A., Reece, J.B., dan Mitchell, L.G. 2003. **Biologi Jilid 2 Edisi Kelima**. Jakarta : Erlangga.

Chen, H., Qualls, R.G., dan Miller, G.C. 2002. Adaptive Responses of *Lepidium latifolium* to soil flooding : Biomass Allocation, Adventitious Rooting, Aerenchyma Formation and Ethylene Production. **Elsevier, Environmental and Experimental Botany** 48 : 119-128.

Colmer, T.D., dan L.A.C.J. Voesenek. 2009. Flooding Tolerance: Suites of Plant Traits in Variable Environments. **Functional Plant Biology**. 36:665-681.

Cronk, J.K dan M.S. Fennessy. 2001. **Wetland Plants, Biology and Ecology**. Florida : Lewis Publisher, Boca Raton.



Cutler, D.F., Botha, C.E.J., dan Stevenson, D.W. 2007. **Plant Anatomy : An Applied Approach**. Malden : Blackwell Publishing Ltd.

Damanik, M.M.B., Bachtiar, E.H., Sarifuddin, F., dan Hamidah, H. 2010. **Kesuburan Tanah dan Pemupukan**. Medan : USU Press.

Das, H.P. 2012. **Agrometeorology in Extreme Events and Natural Disasters**. India : Bs Publikations, Hyderabad.

Dennis, E.S., Dolferus, R., Ellis, M., Rahman, M., Wu, Y., Hoeren, F.U., Grover, A., Ismond, K.P., Good, A.G., dan Peacock, W.J. 2000. Molecular Strategies for Improving Waterlogging Tolerance in Plants. **J. Exp. Bot.** 51 : 89-97.

Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur. 2011. **Produksi Tembakau Virginia Melorot Tajam**. Surabaya : Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur.

Dong, J.G., Yu, Z.W., dan Yu, S.W. 1983. Effect of Increased Ethylene Production During Different Periods on the Resistance of Wheat Plants to Waterlogging. **Acta Phytophysiol Sin** 9 : 383-389.

Eliakim, Sulistiani, R., Surianto, dan Malik, T. 2008. **Paper Pengaruh Kelebihan Air Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman**. Medan : Universitas Sumatera Utara.

Estiti, B. 1995. **Anatomi Tumbuhan Berbiji**. Bandung : ITB Press.

Ezin, V., Vodounon, C.A., Pena, R., Ahanchede, A., dan Handa A.K. 2012. Gene Expression and Phenotypic Characterization of

Flooding Tolerance in Tomato. **Journal of Evolutionary Biology Research** 4 (3): 59-65.

Firdaus, L.N., Wulandari, S., dan Mulyeni, G.D. 2013. Pertumbuhan Akar Tanaman Karet Pada Tanah Bekas Tambang Bauksit Dengan Aplikasi Bahan Organik. **Jurnal Biogenesis**, Vol.10 No.1.

Fischer, R.A. dan R. Maurer. 1978. Drought Resistance in Spring Wheat Cultivars, In Grain Yield Responses. **Australian Journal Agriculture Res** (29), 897-912.

Gardner, F.P., Pearce, R.B., dan Mitchell, R.L. 1991. **Physiology of Crop Plants**. Diterjemakan oleh Herawati Susilo. Jakarta : Universitas Indonesia Press.

Goldsworthy dan N. M. Fisher. 1992. **Fisiologi Tanaman Budidaya Tropik**. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Hapsari, R.T., dan M.M. Adie. 2010. Peluang Perakitan dan Pengembangan Kedelai Toleran Genangan. **Jurnal Litbang Pertanian**, Vol. 29 (2) : 50-57.

Haryanti, S. 2010. Pengaruh Naungan yang Berbeda terhadap Jumlah Stomata dan Ukuran Porus Stomata Daun *Zephyranthes rosea* Lindl. **Buletin Anatomi dan Fisiologi** Vol. XVIII, No. 1.

Hendriyani, I.K., dan N. Setiari. 2009. Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (*Vigna sinensis*) pada Tingkat Penyediaan Air yang Berbeda. **Jurnal Sains & Mat**. Vol. 17 No.3 : 145-150.

Herdiawan, I., Abdullah, L., Sopandie, D., Karti, P.D.M.H., dan Hidayati, N. 2012. Karakteristik Morfologi Tanaman Pakan

*Indigofera zollingeriana* pada Berbagai Taraf Stress Kekeringan dan Interval Pemangkasan. **JITV** Vol. 17 No.4 : 276-283.

Hodson, M.J. dan J.A. Bryant. 2012. **Functional Biology of Plants**. USA : Willey Blackwell, A John Willey & Sons, Ltd., Publication.

Hossain, M.A. dan S.N. Uddin. 2011. Mechanism of Waterlogging Tolerance in Wheat : Morphological and Metabolic Adaptations Under Hypoxia or Anoxia. **Australian Journal of Crop Science** 5 : 1094-1101.

Hunt, P.G., Campbell, R.B., Sojka, R.E., dan Parsons, J.E. 1981. Flooding-Induced Soil and Plant Ethylene Accumulation and Water Status Response of Field-Grown Tobacco. **Plant and Soil** 59: 427-439.

Hurng, W.P. dan C.H. Kao. 1994. Effect of Flooding on the Activities of Some Enzymes of Activated Oxygen Metabolism, the Levels of Antioxidants, and Lipid Peroxidation in Senescing Tobacco Leaves. **Journal Plant Growth Regulation** 14 : 37-44.

Isdijoso, S.H. dan Mukani. 2000. **Usahatani, Kelembagaan dan Pemasaran Tembakau Temanggung** dalam Monograf Tembakau Temanggung No.5 :97-108. Malang : Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.

Jordan, M. dan J. Casaretto. 2006. **Hormonas y Reguladores del Crecimiento : Etilano, Acido Abscisico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Acido Salicilico y Acido Jasmonico**. In : Squeo, F.A. and L. Cardemil (eds.). Fisiologia Vegetal. Chile : Ediciones Universidad de La Serena.

Kozlowski, T.T. dan S.G. Pallardy. 1997. **Physiology of Woody Plants**. San Diego : Academic Press.

Kramer, P.J. dan W.T. Jackson. 1954. Causes of Injury to Flooded Tobacco Plants. **Plant Physiol.** Vol. 29 : 241-245.

Kranner, I., Minibayeva, F.V., Beckett, R.P., dan Charlotte, E.S. 2010. Tansley Review : What is Stress? Concepts, Definitions and Applications in Seed Science. **Journal of New Phytologist** Vol. 188 : 655-673.

Kurniasih, B. dan F. Wulandhany. 2009. Penggulungan Daun, Pertumbuhan Tajuk dan Akar Beberapa Varietas Padi Gogo pada Kondisi Cekaman Air yang Berbeda. **Jurnal Agrivita** 31 : 118-128.

Lambers, H., Chapin, F.S., dan Thijs, L.P. 1998. **Plant Physiological Ecology**. New York : Springer.

Larcher, W. 1995. **Physiology Plant Ecology**. Germany : Springer-Verlag.

Lestari, E.G. 2006. Hubungan antara Kerapatan Stomata dengan Ketahanan Kekeringan pada Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti dan IR 64. **Jurnal Biodiversitas** Vol. 7, No. 1 : 44-48.

Martinez, F.E., Sarmiento, J., Fischer, G., dan Jimenez, F. 2009. Sintomas de Deficiencia de Macronutrientes y Boro en Plantas de Unchuva (*Physalis peruviana* L.). **Journal of Agron. Colomb** 27 : 169-178.

Matnawi, H. 1997. **Budidaya Tembakau di Bawah Naungan**. Yogyakarta : Kanisius.

Mulyani, Sri. 2006. **Anatomi Tumbuhan**. Yogyakarta : Kanisius.

Nakazono, M., Rajhi, I., Takahashi, H., Shiono K., Ohtsu, K., Tsutsumi, N., Ji, T., Nettleton, D.S., Schnable, P.S., dan Nishizawa, N.K. 2009. Identification of Genes Expressed during Aerenchyma Formation in Maize Roots Using Laser Microdissection and A Microarray. **International Symposium Root Research and Applications**. Austria, 2-4 September.

Nugroho, K.W. dan F. Yuliasmara. 2012. **Penggunaan Metode Scanning untuk Pengukuran Luas Daun Kakao**. Jember : Warta, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.

Nur, Y.H. dan D. Apriana. 2013. Daya Saing Tembakau Virginia Lokal di Pasar Dalam Negeri. **Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan**, Vol. 7 No.1.

Nurbaiti, Yulia, A.E., dan Sitorus, J. 2012. Respon Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada Medium Gambut dengan Berbagai Periode Genangan. **Jurnal Agrotek. Trop.** 1 (1) : 14-17.

Nursolehuddin. 2011. **Budidaya Tanaman Tembakau**. <<http://pupukorganiknasa.com/>> [02 April 2015].

Parent, C., Capelli, N., Berger, A., Crevecoeur, M., dan Dat, J.F. 2008. An Overview of Plant Responses to Soil Waterlogging. **Journal of Plant Stress** Vol. 2 (1) : 20-27.

Pourabdal, L., Heidary, R., dan Farboodnia, T. 2008. The Effect of Flooding Stress on Induction of Oxidative Stress and Antioxidant Enzymes Activity in *Zea mays* L. seedlings. **Res. Journal Biological Science**. 3:391-493.

Pugnaire, F.I. dan F. Valladares. 2007. **Functional Plant Ecology, 2<sup>nd</sup> Edition**. USA : CRC Press.

Rachmawati, D. dan E. Retnaningrum. 2013. Pengaruh Tinggi dan Lama Penggenangan terhadap Pertumbuhan Padi Kultivar Sintanur dan Dinamika Populasi Rhizobakteri Pemfiksasi Nitrogen Non Simbiosis. **Bionatura – Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik** 15 (2): 117-125.

Rejeb, I.B., Pastor, V., dan Mani, B.M. 2014. Review : Plant Responses to Simultaneous Biotic and Abiotic Stress : Molecular Mechanisms. **Journal of Plants** Vol. 3 : 458-475.

Riche, C.J. 2004. **Identification of Soybean Cultivars Tolerance to Waterlogging through Analyses of Leaf Nitrogen Concentration**. Lousiana State University Electronic Thesis and Dissertation Collection. <<http://etd.lsu.edu/>> [07 Februari 2015].

Rochman, F. 2012. **Pengembangan Varietas Unggul Tembakau Tembakau Tahan Penyakit**. Malang : Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.

Rochman, F. dan S. Yulaikah. 2012. **Varietas Unggul Tembakau Temanggung**. Malang : Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.

Salisbury, F.B. dan Ross, C.W. 1995. **Fisiologi Tumbuhan, Jilid 1**. Terjemahan dari Plant Physiology 4<sup>th</sup> edition oleh Diah R. Lukman dan Sumaryono. Bandung : ITB.

Sairam, R.K., Kumutha, D., Ezhilmathi, K., Deshmukh, P.S., dan Srivastava, G.C. 2008. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. **Biologia Plantarum** 52 (3): 401-412.

Savita, U.S., Rathore, T.K., dan Mishra, H.S. 2004. Response of Some Maize Genotypes to Temporary Waterlogging. **Journal of Plant Biol.**, 31 (1) : 29-36.

Scott, H.D., Angulo, J.D., Daniels, M.B., dan Wood, L.S. 1989. Flood Duration Effect on Soybean Growth and Yield. **Journal of Agronomy**, 81: 631-636.

Setiadji. 2011. **Teknologi Pengolahan Tembakau**. Jember : FTP Universitas Jember.

Shiu, O.Y., Oetiker, J.H., Yip, W.K., dan Yang, S.F. 1998. The Promoter of LE-ACS7, an Early Flooding-Induced 1-Amino-Cyclopropane-1-Carboxylate Synthase Gene of The Tomato, is Tagged by a Sol3 Transposon. **Journal of Proc.Natl. Acad. Sci. USA** **95** : 10334-10339.

Shimamura, S., Yoshida, S., dan Mochizuki, T. 2007. Cortical Aerenchyma Formation in Hypocotyl and Adventitious Roots of *Luffa cylindrical* Subjected to Soil Flooding. **Annals of Botany** 100 : 1431-1439.

Sigit, Agus. 2013. Curah Hujan Tinggi, Hambat Musim Tanam Tembakau. **KR Jogja**. <<http://krjogja.com/>> [29 Maret 2015].

Simpson B.B. dan M.O. Ogorzaly. 2001. **Economic Botany Plants in Our World Third Edition**. USA : Mc.Graw Hill.

Smith, A.M., Coupland, G., Dolan, L., Harberd, N., Jones, J., Martin, C., Sablowski, R., dan Amey, A. 2010. **Plant Biology**. Francis : Garland Science, Taylor and Francis Group.

Soerodikoesoemo, Wibisono. 1987. **Petunjuk Praktikum Mikroteknik Tumbuhan**. Yogyakarta : Lab. Embriologi dan Mikroteknik Tumbuhan Fakultas Biologi UGM.

Steenis, V. 2005. **Flora untuk Sekolah di Indonesia**. Jakarta : PT.Pradnya Paramita.

Striker, G.G. dan J. Mworio. 2012. **Botany - Flooding Stress on Plants : Anatomical, Morphological and Physiological Responses**. Argentina : IFEVA-CONICET, Faculty of Agronomy, University of Buenos Aires.

Sudaryono. 2004. Pengaruh Naungan terhadap Perubahan Iklim Mikro pada Budidaya Tanaman Tembakau Rakyat. **Jurnal Tek.Lingkungan P3TL-BPPT** Vol.5 (1) : 56-60.

Suhartono, R.A.S. Zaed dan A. Khoiruddin. 2008. Pengaruh Interval Pemberian Air terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) pada Berbagai Jenis Tanah. **Embryo** Vol.5 No.1 : 98-112.

Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 320/Kpts/SR.120/5/2004 tentang **Pelepasan Varietas Tembakau Madura Prancak N-1 sebagai Varietas Unggul**.

Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 309/Kpts/SR.120/8/2005 tentang **Pelepasan Tembakau Temanggung Varietas Kemloko 2 sebagai Varietas Unggul**.

Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 310/Kpts/SR.120/8/2005 tentang **Pelepasan Tembakau Temanggung Varietas Kemloko 3 sebagai Varietas Unggul**.

Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 132/Kpts/SR.120/2/2007 tentang **Pelepasan Tembakau Varietas Kasturi 1 sebagai Varietas Unggul**.

Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 587/Kpts/SR.120/2/2012 tentang **Pelepasan Tembakau Varietas Paiton 2 sebagai Varietas Unggul**.



Susilawati, Suwignyo, R.A., Munandar, dan Hasmeda, M. 2012. Karakter Agronomi dan Toleransi Varietas Cabai Merah Akibat Genangan pada Fase Generatif. **Jurnal Lahan Suboptimal**, Vol. 1 No.1 : 22-30.

Suwarso. 2004. **Pewarisan Ketahanan terhadap Penyakit Lanas pada Tembakau Madura Prancak N-1**. Malang : Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.

Suwarti, Efendi, R., Azrau, M., dan Thahir, N. 2013. Pertumbuhan, Hasil dan Indeks Sensitivitas Tanaman Jagung Terhadap Cekaman Genangan Air. **Seminar Nasional Serealia**.

Taiz, L. dan E. Zeiger. 2010. **Plant Physiology: Fifth Edition**. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.

Torey, P.C., Ai, N.S., Siahaan, P., dan Mambu, S.M. 2013. Karakter Morfologi Akar Sebagai Indikator Kekurangan Air pada Padi Lokal Superwin. **Jurnal Bios Logos** Vol.3 No.2.

Videmsek, U., Turk, B., dan Vodnik, D. 2006. Root Aerenchyma – Formation and Function. **Acta Agriculturae Slovenica** 87: 445–453.

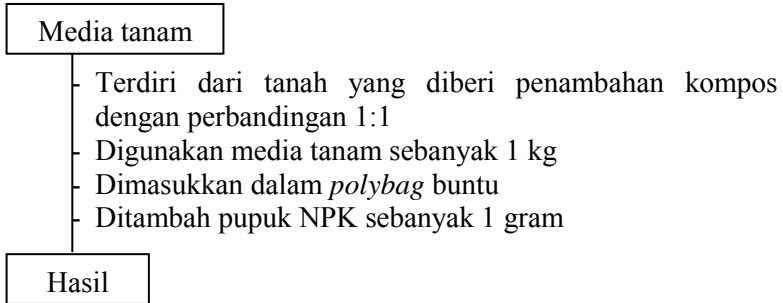
Vidoz, M.L., Loreti, E., Mensuali, A., Alpi, A., dan Perata, P. 2010. Hormonal Interplay during Adventitious Root Formation in Flooded Tomato Plants. **The Plant Journal** 63: 551–562.

Visser, E.J.W., Voesenek, L.A.C.J., Vartapetian, B.B., dan Jackson, M.B. 2003. Flooding and Plant Growth. **Ann. Both.** 91 : 107-109.

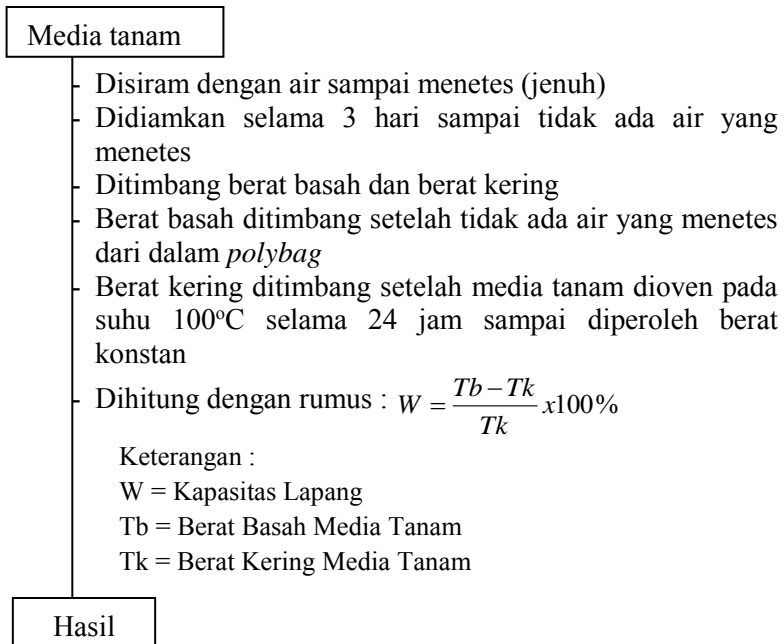
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## LAMPIRAN

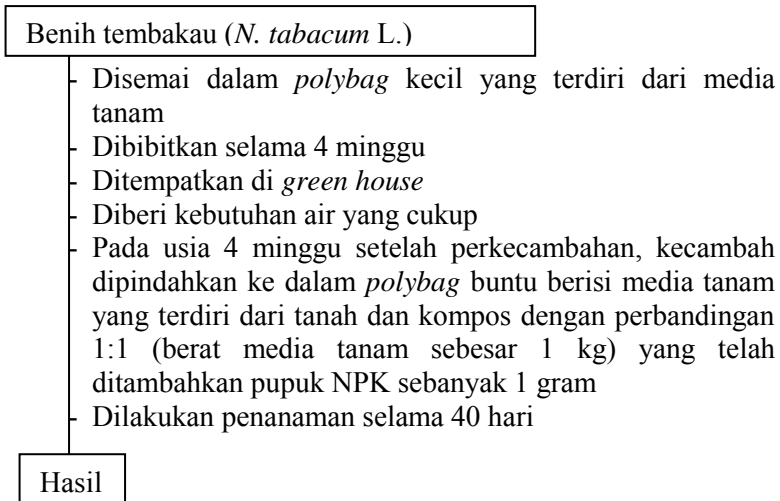
### Lampiran 1. Skema Kerja Persiapan Media Tanam



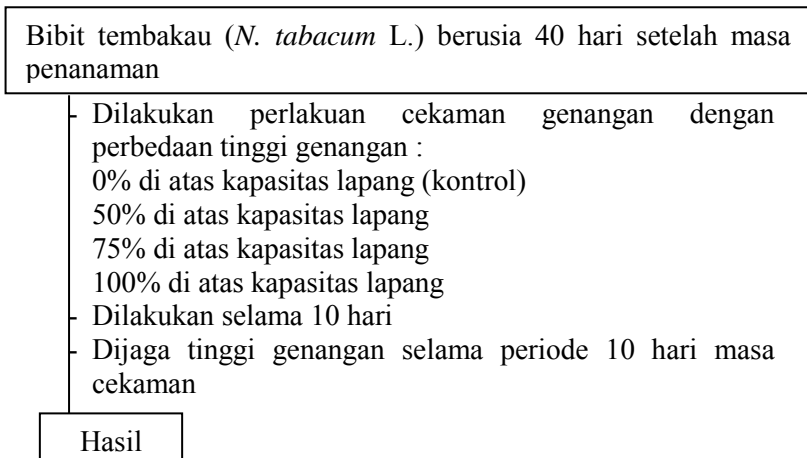
### Lampiran 2. Skema Kerja Pengukuran Kapasitas Lapang



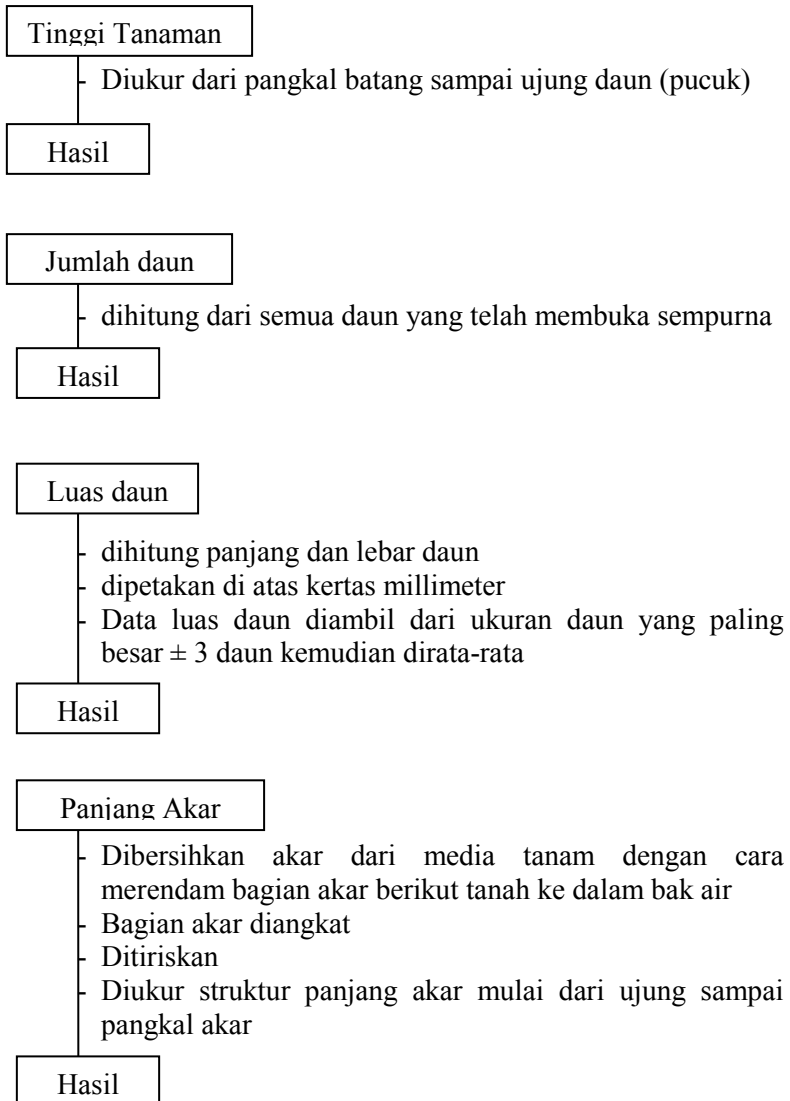
### Lampiran 3. Skema Kerja Persiapan dan Penanaman Bibit Tanaman Tembakau (*N. tabacum* L.)

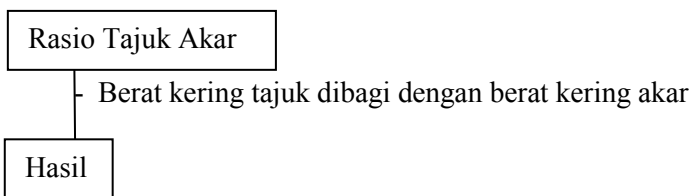
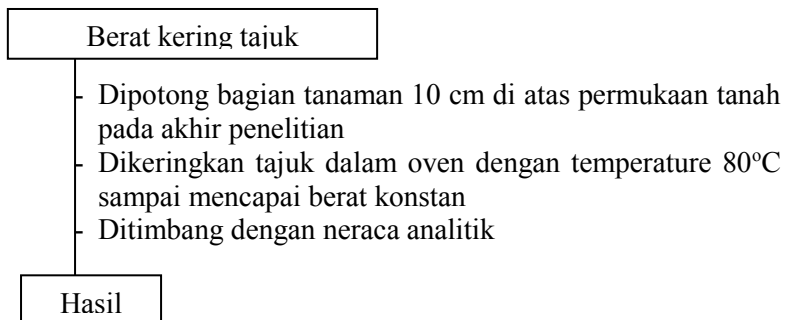
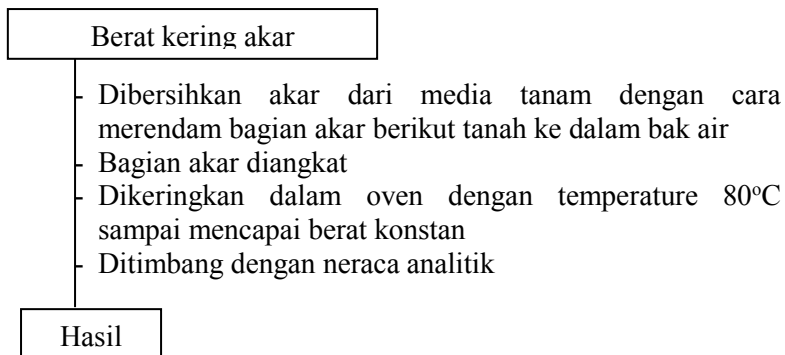


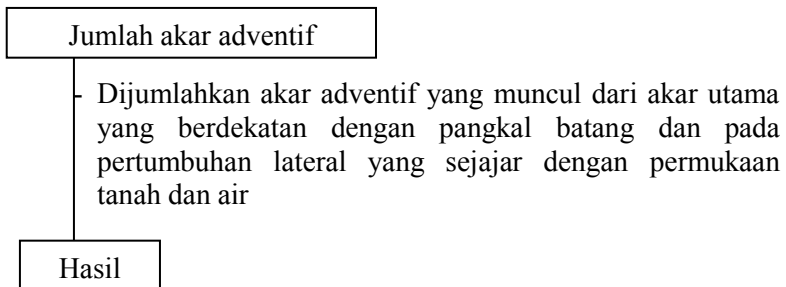
### Lampiran 4. Skema Kerja Perlakuan Cekaman Genangan



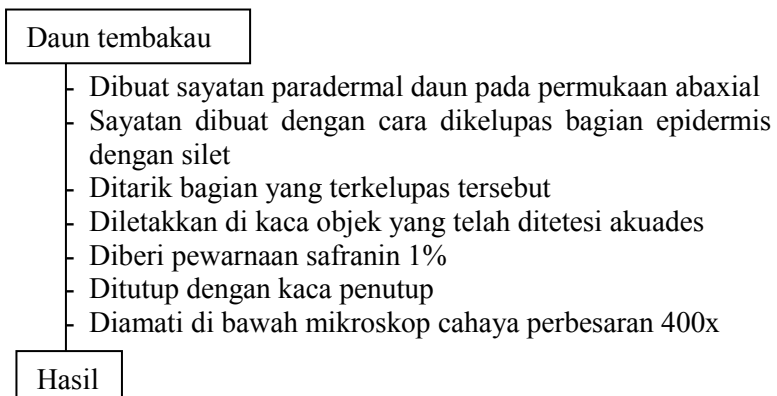
## Lampiran 5. Skema Kerja Pengamatan Morfologi



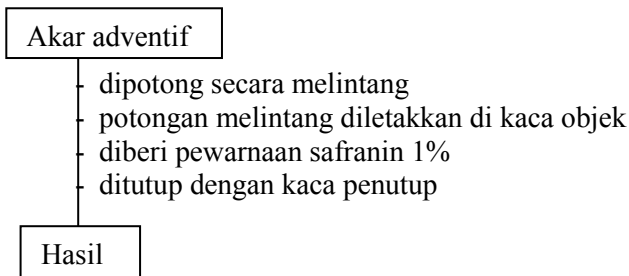




#### Lampiran 6. Skema Kerja Pengamatan Jumlah Stomata Daun Tembakau



#### Lampiran 7. Skema Kerja Pengamatan Aerenkim



Lampiran 8. Tabel Perkembangan Produksi dan Produktivitas Tembakau di Jawa Timur pada tahun 2007-2010.

Tabel 6.1. Perkembangan Produksi dan Produktivitas Tembakau di Jawa Timur pada tahun 2007-2010.

Indikator	Satuan	2006	2007	2008	2009	2010
Luas areal	Ha	100.200	108.701	109.408	112.007	107.209
Produksi	Ton	81.887	78.343	77.852	76.278	59.922
Produktivitas	Kg/ha	817,24	727,95	711,58	681,01	681,14

Sumber : Dinas Perkebunan Jawa Timur (2011).



### Lampiran 9. Perhitungan Pengukuran Kapasitas Lapang

Berat awal media tanam : 1000 gr  
 Berat basah media tanam (Tb) : 1100 gr  
 Berat kering media tanam (Tk) : 790 gr

$$Kapasitas Lapang (W) = \frac{Tb - Tk}{Tk} \times 100\%$$

$$Kapasitas Lapang (W) = \frac{1100 - 790}{790} \times 100\%$$

$$Kapasitas Lapang (W) = 0,39 \times 100\%$$

$$Kapasitas Lapang (W) = 39\%$$

Dari kapasitas lapang dengan satuan persen (%) kemudian dikonversi menjadi satuan milliliter (ml) dengan menggunakan rumus  $\frac{V}{W}$

$$Kapasitas Lapang (W) = \frac{V}{W}$$

$$39\% = \frac{V}{1000}$$

$$V = 390 \text{ ml}$$

Jadi, dapat diketahui bahwa media tanam sebanyak 1000 gr memiliki kapasitas lapang 390 ml.

Kapasitas lapang media tanam 1000 gr	= 390 ml
50% di atas kapasitas lapang	= 585 ml
75% di atas kapasitas lapang	= 682,5 ml
100% di atas kapasitas lapang	= 780 ml

Kemudian media tanam yang sudah memenuhi kapasitas lapang dilakukan penambahan air untuk perlakuan cekaman genangan.

Perhitungan penambahan air :

- Kapasitas lapang media tanam 1000 gr = 0 ml
- 50% di atas kapasitas lapang  
 $= 585 \text{ ml} - 390 \text{ ml} = 195 \text{ ml} \rightarrow 0,5 \text{ cm}$  (di atas media tanam)
- 75% di atas kapasitas lapang  
 $= 682,5 \text{ ml} - 390 \text{ ml} = 292,5 \text{ ml} \rightarrow 1,2 \text{ cm}$  (di atas media tanam)
- 100% di atas kapasitas lapang  
 $= 780 \text{ ml} - 390 \text{ ml} = 390 \text{ ml} \rightarrow 1,5 \text{ cm}$  (di atas media tanam)

## Lampiran 10. Hasil Uji Statistik Pertumbuhan Tinggi Tanaman

### General Linear Model: tinggi tanaman versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for tinggi tanaman, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	1803.81	1803.81	450.95	28.18	0.000
perlakuan	3	974.15	974.15	324.72	20.29	0.000
varietas*perlakuan	12	365.43	365.43	30.45	1.90	0.064
Error	40	640.03	640.03	16.00		
Total	59	3783.42				

S = 4.00008 R-Sq = 83.08% R-Sq(adj) = 75.05%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
4	12	34.4	A
3	12	25.4	B
5	12	21.9	B C
2	12	19.9	C
1	12	19.5	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	15	31.1	D
4	15	22.7	E
2	15	22.0	E
3	15	21.1	E

Means that do not share a letter are significantly different.

## Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
4	1	3	37.7	A
4	4	3	35.5	A B
5	1	3	34.8	A B
4	3	3	33.2	A B C
4	2	3	31.1	A B C D
3	1	3	30.8	A B C D E
2	1	3	29.8	A B C D E F
3	4	3	25.3	A B C D E F G
3	2	3	24.2	B C D E F G
1	1	3	22.4	C D E F G
3	3	3	21.3	C D E F G
1	4	3	20.2	D E F G
1	2	3	18.5	E F G
5	2	3	18.5	E F G
2	2	3	17.5	F G
5	3	3	17.1	G
5	4	3	17.0	G
1	3	3	17.0	G
2	3	3	16.7	G
2	4	3	15.7	G

Means that do not share a letter are significantly different.

## Lampiran 11. Hasil Uji Statistik Jumlah Daun

### General Linear Model: jumlah daun versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for jumlah daun, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	3.1000	3.1000	0.7750	0.80	0.531
perlakuan	3	73.3833	73.3833	24.4611	25.30	0.000
varietas*perlakuan	12	7.0333	7.0333	0.5861	0.61	0.824
Error	40	38.6667	38.6667	0.9667		
Total	59	122.1833				

S = 0.983192    R-Sq = 68.35%    R-Sq(adj) = 53.32%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
5	12	5.7	A
4	12	5.6	A
3	12	5.4	A
2	12	5.2	A
1	12	5.1	A

Means that do not share a letter are significantly different

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	15	7.1	B
2	15	5.4	C
3	15	4.9	C D
4	15	4.1	D

Means that do not share a letter are significantly different.

## Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
5	1	3	8.0	A
4	1	3	7.3	A B
2	1	3	7.0	A B C
1	1	3	7.0	A B C
3	1	3	6.3	A B C D
5	2	3	6.0	A B C D
3	2	3	5.7	A B C D
4	2	3	5.3	A B C D
1	2	3	5.0	A B C D
5	3	3	5.0	A B C D
4	3	3	5.0	A B C D
2	2	3	5.0	A B C D
3	3	3	5.0	A B C D
2	3	3	4.7	B C D
4	4	3	4.7	B C D
1	3	3	4.7	B C D
3	4	3	4.7	B C D
2	4	3	4.0	C D
1	4	3	3.7	D
5	4	3	3.7	D

Means that do not share a letter are significantly different.

## Lampiran 12. Hasil Uji Statistik Pertumbuhan Luas Daun

### General Linear Model: luas daun versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for luas daun, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	20979.1	20979.1	5244.8	22.10	0.000
perlakuan	3	6578.4	6578.4	2192.8	9.24	0.000
varietas*perlakuan	12	5464.2	5464.2	455.3	1.92	0.061
Error	40	9492.9	9492.9	237.3		
Total	59	42514.6				

S = 15.4052    R-Sq = 77.67%    R-Sq(adj) = 67.07%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
4	12	93.3	A
3	12	79.3	A B
2	12	75.2	B
5	12	51.0	C
1	12	42.7	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	15	84.2	D
2	15	70.0	D E
4	15	63.2	E
3	15	55.8	E

Means that do not share a letter are significantly different.

## Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
4	1	3	103.9	A
2	1	3	98.4	A B
4	4	3	97.6	A B
2	2	3	95.1	A B
3	1	3	87.6	A B C
4	2	3	87.0	A B C
4	3	3	84.8	A B C D
3	4	3	84.7	A B C D
5	1	3	83.7	A B C D E
3	2	3	81.1	A B C D E
3	3	3	63.7	A B C D E
2	3	3	55.2	B C D E
2	4	3	51.9	B C D E
1	1	3	47.3	C D E
5	2	3	46.7	C D E
1	4	3	45.3	C D E
1	2	3	40.1	C D E
1	3	3	38.0	D E
5	3	3	37.1	D E
5	4	3	36.4	E

Means that do not share a letter are significantly different.



### Lampiran 13. Hasil Uji Statistik Panjang Akar

#### General Linear Model: panjang akar versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for panjang akar, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	186.329	186.329	46.582	5.34	0.002
perlakuan	3	226.558	226.558	75.519	8.66	0.000
varietas*perlakuan	12	90.099	90.099	7.508	0.86	0.591
Error	40	348.720	348.720	8.718		
Total	59	851.706				

S = 2.95263    R-Sq = 59.06%    R-Sq(adj) = 39.61%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
3	12	10.7	A
5	12	10.0	A
2	12	9.3	A
4	12	8.1	A B
1	12	5.7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	15	12.0	C
2	15	8.4	D
3	15	7.8	D
4	15	6.9	D

Means that do not share a letter are significantly different.

## Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
3	1	3	17.8	A
2	1	3	11.8	A B
4	1	3	11.3	A B
5	1	3	11.0	A B
5	2	3	10.5	A B
5	3	3	9.7	A B
2	2	3	9.5	A B
2	3	3	9.2	A B
3	2	3	9.2	A B
5	4	3	8.8	A B
3	3	3	8.2	B
1	1	3	8.1	B
3	4	3	7.8	B
4	2	3	7.5	B
4	3	3	6.9	B
2	4	3	6.8	B
4	4	3	6.5	B
1	2	3	5.2	B
1	3	3	5.0	B
1	4	3	4.6	B

Means that do not share a letter are significantly different.

# Lampiran 14. Hasil Uji Statistik Berat Kering Tajuk

## General Linear Model: berat kering tajuk versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for berat kering tajuk, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	4.0854	4.0854	1.0213	8.71	0.000
perlakuan	3	3.3026	3.3026	1.1009	9.39	0.000
varietas*perlakuan	12	1.2890	1.2890	0.1074	0.92	0.540
Error	40	4.6913	4.6913	0.1173		
Total	59	13.3683				

S = 0.342464    R-Sq = 64.91%    R-Sq(adj) = 48.24%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
4	12	1.1	A
3	12	1.1	A
2	12	0.8	A B
5	12	0.6	B
1	12	0.5	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	15	1.2	C
4	15	0.9	C D
2	15	0.7	D E
3	15	0.6	E

Means that do not share a letter are significantly different.

## Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
3	4	3	1.4	A
4	1	3	1.4	A
3	1	3	1.3	A
4	4	3	1.3	A
2	1	3	1.2	A B
5	1	3	1.2	A B
4	2	3	1.0	A B
3	2	3	1.0	A B
2	4	3	0.8	A B
4	3	3	0.8	A B
1	1	3	0.7	A B
3	3	3	0.6	A B
2	3	3	0.6	A B
2	2	3	0.6	A B
1	3	3	0.5	A B
5	4	3	0.5	A B
5	2	3	0.4	A B
1	4	3	0.4	A B
1	2	3	0.3	B
5	3	3	0.2	B

Means that do not share a letter are significantly different.

## Lampiran 15. Hasil Uji Statistik Berat Kering Akar

### General Linear Model: berat kering akar versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for berat kering akar, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	0.096877	0.096877	0.024219	6.03	0.001
perlakuan	3	0.208013	0.208013	0.069338	17.28	0.000
varietas*perlakuan	12	0.071670	0.071670	0.005973	1.49	0.169
Error	40	0.160533	0.160533	0.004013		
Total	59	0.537093				

S = 0.0633509    R-Sq = 70.11%    R-Sq(adj) = 55.91%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
3	12	0.2	A
4	12	0.2	A
2	12	0.1	A
5	12	0.1	A B
1	12	0.1	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	15	0.2	C
4	15	0.1	D
2	15	0.1	D
3	15	0.1	D

Means that do not share a letter are significantly different.

## Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
2	1	3	0.3	A
3	1	3	0.3	A B
4	1	3	0.2	A B C
3	4	3	0.2	A B C D
5	1	3	0.2	A B C D
4	4	3	0.2	A B C D
4	2	3	0.1	A B C D
3	2	3	0.1	B C D
1	1	3	0.1	B C D
5	2	3	0.1	C D
4	3	3	0.1	C D
2	3	3	0.1	C D
3	3	3	0.1	C D
5	4	3	0.1	C D
2	2	3	0.1	C D
1	3	3	0.1	C D
2	4	3	0.1	C D
1	4	3	0.0	C D
5	3	3	0.0	C D
1	2	3	0.0	D

Means that do not share a letter are significantly different.

## Lampiran 16. Hasil Uji Statistik Rasio Tajuk Akar

### General Linear Model: rasio tajuk akar versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for rasio tajuk akar, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	149.57	149.57	37.39	1.63	0.185
perlakuan	3	225.75	225.75	75.25	3.29	0.030
varietas*perlakuan	12	184.63	184.63	15.39	0.67	0.767
Error	40	915.80	915.80	22.89		
Total	59	1475.74				

S = 4.78486    R-Sq = 37.94%    R-Sq(adj) = 8.47%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
1	12	11.5	A
2	12	9.1	A
4	12	8.1	A
3	12	7.6	A
5	12	7.0	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
4	15	11.0	B
2	15	9.8	B C
3	15	8.0	B C
1	15	5.9	C

Means that do not share a letter are significantly different.

## Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
2	4	3	16.3	A
1	4	3	14.7	A
1	2	3	13.2	A
1	3	3	10.7	A
2	2	3	9.6	A
3	4	3	9.5	A
3	2	3	9.2	A
4	2	3	9.1	A
4	4	3	8.7	A
4	3	3	8.1	A
5	2	3	8.0	A
1	1	3	7.4	A
3	3	3	7.4	A
5	1	3	7.1	A
5	3	3	7.0	A
2	3	3	6.6	A
4	1	3	6.3	A
5	4	3	5.9	A
3	1	3	4.5	A
2	1	3	4.1	A

Means that do not share a letter are significantly different.



## Lampiran 17. Hasil Uji Statistik Jumlah Akar Adventif

### General Linear Model : Jumlah Akar Adventif versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for jumlah akar adventif, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	359.73	359.73	89.93	2.01	0.111
perlakuan	3	1914.32	1914.32	638.11	14.27	0.000
varietas*perlakuan	12	444.27	444.27	37.02	0.83	0.622
Error	40	1788.67	1788.67	44.72		
Total	59	4506.98				

S = 6.68705    R-Sq = 60.31%    R-Sq(adj) = 41.46%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
5	12	13.5	A
3	12	10.5	A
1	12	9.7	A
2	12	7.1	A
4	12	6.8	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
4	15	14.8	B
2	15	11.9	B
3	15	11.3	B
1	15	-0.0	C

Means that do not share a letter are significantly different.

! Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
5	4	3	18.3	A
3	4	3	18.0	A
5	3	3	18.0	A
5	2	3	17.7	A
1	4	3	17.7	A
4	4	3	14.7	A
2	2	3	13.7	A
3	2	3	12.7	A
3	3	3	11.3	A
1	3	3	10.7	A
1	2	3	10.3	A
2	3	3	9.3	A
4	3	3	7.3	A
2	4	3	5.3	A
4	2	3	5.3	A
1	1	3	0.0	A
4	1	3	-0.0	A
3	1	3	-0.0	A
5	1	3	-0.0	A
2	1	3	-0.0	A

Means that do not share a letter are significantly different.

# Lampiran 18. Hasil Uji Statistik Jumlah Stomata Total

## General Linear Model: jumlah stomata total versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for jumlah stomata total, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	3.77	3.77	0.94	0.06	0.992
perlakuan	3	680.93	680.93	226.98	15.55	0.000
varietas*perlakuan	12	12.23	12.23	1.02	0.07	1.000
Error	40	584.00	584.00	14.60		
Total	59	1280.93				

S = 3.82099 R-Sq = 54.41% R-Sq(adj) = 32.75%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
4	12	16.3	A
5	12	16.1	A
3	12	15.7	A
2	12	15.7	A
1	12	15.7	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	15	20.7	B
2	15	17.3	B C
4	15	13.5	C D
3	15	12.0	D

Means that do not share a letter are significantly different.

## Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
5	1	3	20.7	A
4	1	3	20.7	A
3	1	3	20.7	A
2	1	3	20.7	A
1	1	3	20.7	A
2	2	3	17.3	A
5	2	3	17.3	A
1	2	3	17.3	A
4	2	3	17.3	A
3	2	3	17.0	A
5	4	3	14.7	A
4	3	3	13.7	A
2	4	3	13.3	A
4	4	3	13.3	A
3	4	3	13.3	A
1	4	3	13.0	A
3	3	3	11.7	A
5	3	3	11.7	A
1	3	3	11.7	A
2	3	3	11.3	A

Means that do not share a letter are significantly different.

## Lampiran 19. Hasil Uji Statistik Jumlah Stomata Membuka

### General Linear Model: jumlah stomata membuka versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for jumlah stomata membuka, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	4.600	4.600	1.150	0.19	0.943
perlakuan	3	1017.133	1017.133	339.044	55.73	0.000
varietas*perlakuan	12	10.867	10.867	0.906	0.15	0.999
Error	40	243.333	243.333	6.083		
Total	59	1275.933				

S = 2.46644 R-Sq = 80.93% R-Sq(adj) = 71.87%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
3	12	3.4	A
5	12	3.2	A
2	12	3.1	A
4	12	2.9	A
1	12	2.6	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	15	10.1	B
2	15	1.3	C
3	15	0.5	C
4	15	0.2	C

Means that do not share a letter are significantly different.

## Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
4	1	3	11.0	A
3	1	3	10.7	A
2	1	3	10.3	A
5	1	3	10.0	A
1	1	3	8.7	A B
2	2	3	1.7	B C
3	2	3	1.7	B C
5	2	3	1.7	B C
1	2	3	1.0	C
3	3	3	0.7	C
5	3	3	0.7	C
1	3	3	0.7	C
3	4	3	0.7	C
4	3	3	0.3	C
5	4	3	0.3	C
2	3	3	0.3	C
4	2	3	0.3	C
1	4	3	0.0	C
2	4	3	-0.0	C
4	4	3	-0.0	C

Means that do not share a letter are significantly different.

## Lampiran 20. Hasil Uji Statistik Jumlah Stomata Menutup

### General Linear Model: jumlah stomata menutup versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for jumlah stomata menutup, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	7.93	7.93	1.98	0.15	0.962
perlakuan	3	259.73	259.73	86.58	6.50	0.001
varietas*perlakuan	12	27.27	27.27	2.27	0.17	0.999
Error	40	532.67	532.67	13.32		
Total	59	827.60				

S = 3.64920    R-Sq = 35.64%    R-Sq(adj) = 5.06%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
4	12	13.3	A
5	12	12.9	A
1	12	12.9	A
2	12	12.6	A
3	12	12.3	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
2	15	16.0	B
4	15	13.2	B C
3	15	11.5	C
1	15	10.5	C

Means that do not share a letter are significantly different.

## Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
4	2	3	17.0	A
1	2	3	16.3	A
2	2	3	15.7	A
5	2	3	15.7	A
3	2	3	15.3	A
5	4	3	14.3	A
4	3	3	13.3	A
4	4	3	13.3	A
2	4	3	13.3	A
3	4	3	12.7	A
1	4	3	12.3	A
1	1	3	12.0	A
5	3	3	11.0	A
3	3	3	11.0	A
2	3	3	11.0	A
1	3	3	11.0	A
5	1	3	10.7	A
2	1	3	10.3	A
3	1	3	10.0	A
4	1	3	9.7	A

Means that do not share a letter are significantly different.



# Lampiran 21. Hasil Uji Statistik Berat Kering Total Tanaman

## General Linear Model: berat kering versus varietas, perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5
perlakuan	fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance for berat kering, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	4	5.3834	5.3834	1.3458	9.23	0.000
perlakuan	3	5.0554	5.0554	1.6851	11.56	0.000
varietas*perlakuan	12	1.6510	1.6510	0.1376	0.94	0.515
Error	40	5.8301	5.8301	0.1458		
Total	59	17.9199				

S = 0.381777 R-Sq = 67.47% R-Sq(adj) = 52.01%

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	N	Mean	Grouping
4	12	1.3	A
3	12	1.3	A
2	12	0.9	A B
5	12	0.7	B
1	12	0.5	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	15	1.4	A
4	15	1.0	B
2	15	0.8	B C
3	15	0.6	C

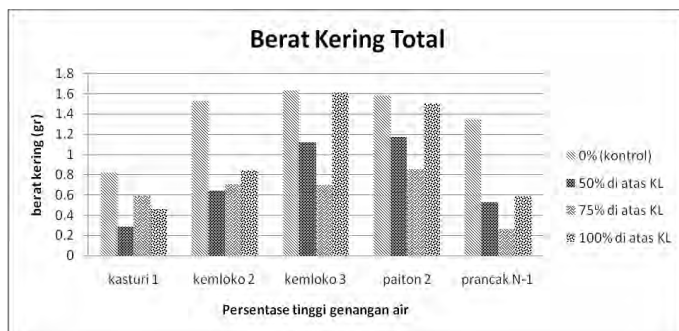
Means that do not share a letter are significantly different.

## Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

varietas	perlakuan	N	Mean	Grouping
3	1	3	1.6	A
3	4	3	1.6	A
4	1	3	1.6	A
2	1	3	1.5	A
4	4	3	1.5	A
5	1	3	1.4	A B
4	2	3	1.2	A B
3	2	3	1.1	A B
4	3	3	0.9	A B
2	4	3	0.8	A B
1	1	3	0.8	A B
2	3	3	0.7	A B
3	3	3	0.7	A B
2	2	3	0.6	A B
5	4	3	0.6	A B
1	3	3	0.6	A B
5	2	3	0.5	A B
1	4	3	0.5	A B
1	2	3	0.3	B
5	3	3	0.3	B

Means that do not share a letter are significantly different.

## Lampiran 22. Rata-Rata Hasil Pengamatan Berat Kering Tanaman Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan



Gambar 6.1. Rata-rata hasil pengamatan berat kering total tanaman tembakau setelah diberi perlakuan cekaman genangan

## BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Selfrina Puri Wardhani ini lahir di Jombang, 13 Juni 1994. Anak bungsu dari pasangan Wardiyanto dan Sholichah Mekawati ini memulai pendidikannya di TK ABA 1 Jombang pada usia 4 tahun. Kemudian setelah lulus dari TK, ia memasuki jenjang SD di SDN Tugu Kepatihan 1 Jombang. Setelah lulus dari SD inilah ia mulai menunjukkan kemampuannya di bidang IPA dengan masuk SMP dalam program Akselerasi

di SMPN 1 Jombang. Dari sinilah mulai muncul ketertarikannya dalam bidang botani-mikrobiologi. Kemudian setelah lulus SMP program Akselerasi selama 2 tahun, ia melanjutkan sekolah di salah satu SMA terkemuka di kotanya yaitu SMAN 2 Jombang. Karena ia menyukai pelajaran IPA, maka ia masuk dalam program IPA. Selama di SMA ini, ia pernah diikuti dalam olimpiade Matematika se-Kabupaten Jombang. Setelah menekuni jenjang SMA selama 3 tahun, akhirnya ia memilih masuk ke Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Di ITS ini, ia memilih jurusan Biologi karena keinginannya sebagai seorang peneliti sejak masa SMPnya. Ia mengambil konsentrasi Botani-Mikrobiologi selama kuliah di jurusan Biologi ITS ini.

Sebagai salah satu syarat untuk menempuh jenjang S1, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Genangan Air terhadap Morfologi dan Anatomi Beberapa Varietas Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.)” di bawah bimbingan ibu Tutik Nurhidayati, S.Si., M.Si.